Snímka 1

TEÓRIA INŽINIERSKEHO EXPERIMENTU

1. ÚLOHA A POSTAVENIE EXPERIMENTU V PROCESE RIEŠENIA TECHNICKÝCH PROBLÉMOV
2. CHARAKTERISTIKA SÚČASNÉHO EXPERIMENTU
3. TYPY EXPERIMENTOV
4. ETAPY EXPERIMENTU
5. ÚLOHA EXPERIMENTU V TECHNICKEJ PRAXI
6. TEÓRIA EXPERIMENTU
7. ZÁKLADNÉ POJMY V EXPERIMENTÁLNEJ OBLASTI

Snímka 2

ÚLOHA A POSTAVENIE EXPERIMENTU V PROCESE RIEŠENIA TECHNICKÝCH PROBLÉMOV

- Charakteristickým prístupom pri riešení súčasných vedecko-technických problémov je modelovanie.
- V modelovaní sú vždy zahrnuté 3 činnosti:
  - Intuitívna,
  - Logická,
  - Empirická.

Intuitívne činnosti sú **podvedomé** mozgové činnosti, ktoré prebiehajú na úrovni vnútorného mozgového spracovania. Ich priebeh nie je možné vysvetliť bežným dorozumievacím jazykom. Opísateľný a zrozumiteľný môže byť iba ich výsledok – nápad, rozhodnutie. Do intuitívnych činností zaraďujeme to, čo sa bežne označuje ako vedecká invencia, konštruktérsky cit, umenie rozhodovať, súhrnne to, čomu sa často hovorí tvorivá práca. **Logické činnosti** sú **vedomé** mozgové činnosti, ktoré prebiehajú podľa všeobecne prijatých zákonov – axióm. V modelovaní sú to logické činnosti s veličinami, pretože pre tvorbu modelu je podstatné vytvorenie systému veličín na riešenom objekte, systému na modelovom objekte a nájdenie ich zobrazení. Logické činnosti sú dominantné pri teoretickom, a teda aj výpočtovom modelovaní, keď modelový objekt má abstraktný charakter. Objektom je existujúca vypracovaná teória obyčajne formulovaná v matematickom tvare. **Empirické činnosti** sú **vedomé** mozgové činnosti spojené s pozorovaním a meraním reálnych objektov. Získané informácie je človek schopný vedome uchovávať, alebo v rôznych formách (ústne, písomne, na elektronickom pamäťovom médiu) poskytnúť k ďalšiemu spracovaniu a použitiu. Empirické činnosti sú dôležité ako v experimentálnom, tak aj vo výpočtovom modelovaní. Pri empirických činnostiach má modelový objekt fyzikálny charakter – je to hmotný útvar vo funkcii fyzikálneho modelu.

Pre technické tvorivé činnosti, je typické, že žiadnu z uvedených troch základných činností nie je možné vylúčiť alebo preferovať.

Snímka 3

Činnosti v procese riešenia problémov

- vymedzenie modelového objektu a formulácia problému
- zber informácií
- triedenie informácií (**Konjunkcia, Disjunkcia**, **Negácia**)
- spracovanie informácií
- vyriešenie problému
- overenie vyriešenia problému

V etape „vymedzenie modelového objektu a formulácia problému“, ktorá patrí pri riešení problému medzi najdôležitejšie, sú zastúpené všetky tri činnosti. Správne formulovaný problém je prvým predpokladom úspešného riešenia.

Pre etapu „zber informácií“ je charakteristické, že má dve podetapy:

vyhľadávanie informácií v literatúre, vo výskumných správach, v správach o meraní, v počítačových databázach a pod.;

experimentálne činnosti cieľavedome zamerané na riešený problém. V tejto etape je **dominantná empíria**, pričom intuícia a logika majú význam pri rozhodovaní, kde informáciu hľadať, ako ju získavať a spracovávať pre použitie v ďalších etapách.

V etape „triedenie informácií“ **prevažujú logické** operácie s významným podielom intuície pri výbere znakov a hľadísk pre triedenie. **Konjunkcia** – logické spojenie dvoch výrokov, ktoré sú správne, keď sú obidva výroky správne. **Disjunkcia** – logické spojenie navzájom sa vylučujúcich, ale tomu istému druhu prislúchajúcich pojmov. **Negácia** – logické popretie výroku. V tejto etape empíria absentuje.

Významnou etapou v procese riešenia problému je etapa „spracovanie informácií“. Je to proces hodnotenia informácií, hľadania a získavania súvislostí a vzťahov, hľadania príčin a následkov, posudzovania a výberu metód a postupov pre vlastné riešenie problému. V tejto etape existujú dva typy extrémnych prístupov. Pri **prístupe intuitívnom**, ktorého aplikácia je síce obmedzená množstvom a zložitosťou informácií a súvislostí, možno však dospieť k úplne novým, objavným súvislostiam (Heyrovský – polarografia, Fleming – penicilín a i.). Druhým extrémom je **prístup vedeckého spracovania informácií**. Jeho základom je dôsledný, logický prístup, ktorý má charakter teórie. Základom pri tomto prístupe je hypotéza, pri formulácii ktorej sa môže významne podieľať intuícia. Hypotéza môže byť z informácií odvodená (**deduktívny** prístup), alebo vytvorená a overená zoradenými informáciami (**induktívny** prístup). Pri riešení problému existujú dve základné úrovne vedeckého spracovania

informácií, a to **úroveň popisná** a **exaktná**. Súčasná úroveň vedy a techniky vyžaduje takmer výhradne exaktnú úroveň spracovania informácií, pričom exaktnosť je potrebné chápať v zmysle objektivizovateľnosti informácií, t. j. ich reprodukovateľnosť v oblasti logických a empirických činností.

Realizácia etapy „vyriešenie problému“, ktorá predstavuje človekom riadenú realizáciu postupu riešenia s využitím získaných informácií, dostupných technických prostriedkov a vlastných schopností a ktorá vedie k výsledku riešenia problému, si vyžaduje vzhľadom k predchádzajúcim etapám nielen intuíciu, logiku a empíriu, ale tiež realizáciu výkonných a organizačných činností. Vlastné vyriešenie problému sa môže realizovať v podstate týmito spôsobmi:

pri riešení môžu mať trvalú preferenciu logické činnosti, keď problém je riešený výpočtom s využitím príslušnej teórie, pričom empirické činnosti dočasne absentujú. Tento prístup je označovaný ako **výpočtové modelovanie**;

pri riešení majú trvalú preferenciu empirické činnosti, keď problém sa rieši experimentálne, z výpočtov sa vykonávajú len tie, ktoré sú nutnou súčasťou experimentu (plánovanie merania, spracovanie a vyhodnotenie výsledkov meraní). Výpočet ako hlavná časť riešenia problému dočasne absentuje. Tento prístup je označovaný ako **experimentálne modelovanie**;

kombinácia a vzájomné prelínanie výpočtového a experimentálneho modelovania.

V etape „overenie vyriešenia problému“ majú primárnu úlohu empirické činnosti.

Zastúpenie jednotlivých činností v procese riešenia problému je v grafickej forme znázornené na obr.2.1. Odtieň je úmerný intenzite jednotlivých činností. Súhrnne môžeme konštatovať, že empirické činnosti majú významné postavenie v etapách zbierania informácií, riešenia problému a overenia riešenia problému.

Snímka 4

Činnosti v procese riešenia problému

	ETAPA RIEŠENIA PROBLÉMU		INTUÍCIA	LOGIKA	EMPÍRIA
1.	vymedzenie objektu a formulácia problému				
2.	zbieranie informácií				
3.	triedenie informácií				
4.	spracovanie informácií				
5.	vyriešenie problému	výpočtom			
		experimentom			
6.	overenie vyriešenia problému				

Snímka 5

CHARAKTERISTIKA SÚČASNÉHO EXPERIMENTU

Všeobecne sa do **pojmu experiment** zahrnuje všetko, čo je potrebné k tomu, aby sme na objektívnej realite, ktorá je v rámci riešeného problému predmetom záujmu človeka, naplánovali a realizovali pozorovanie, alebo meranie s jeho následným spracovaním tak, aby získané výsledky boli objektívne pravdivé a slúžili na riešenie určitého problému.

- prof. Trebuňa

Empíria a intuícia patria k základným nástrojom ľudského poznávania, preto sa s nimi stretávame v celej civilizovanej histórii a v mnohých sférach ľudských činností. Doterajšie znalosti poukazujú na to, že empíriu človek používal skôr, ako začal o svojich činnostiach tvoriť písomné záznamy.

Je prirodzené, že úroveň, rozsah a náplň empirických činností staroveku sa výrazne líšili od toho, čo si dnes predstavujeme pod pojmom empírie. Neboli to experimenty v tom zmysle, ako ich chápeme a vymedzujeme dnes, ale iba jednoduché pokusy vychádzajúce predovšetkým z pozorovania prírodných javov. Veľký podiel na nich mala náhoda a obvykle boli mnohonásobným opakovaním cyklu „pokus – omyl“.

Od najstarších dôb až po dnešok prešiel experiment svojim historickým vývojom, v priebehu ktorého sa menilo postavenie experimentu i vzhľadom k ostatným tvorivým činnostiam, menil sa charakter zapojenia človeka do experimentálnych činností, prostriedky pre realizáciu experimentu, jeho možnosti a význam.

To, **čím sa odlišuje experiment od iných typov empirických činností** (pokusničenie, laborovanie, skúšanie) je, že činnosti realizované v rámci experimentu **sú uvedomelé**, **cieľavedome riadené** a **objektivizované z hľadiska ich pravdivosti**.

Snímka 6

Experiment

- je sústava cieľavedomých a cieľavedome riadených činností s určitou postupnosťou, ktorú realizuje tím s cieľom získať objektívne pravdivé údaje o reálnom objekte ako podklad pre riešenie problému, na základe priameho alebo sprostredkovaného pozorovania a merania objektu.

Typy: **experiment reálny a myšlienkový**

Pozorovanie a meranie je možné realizovať iba na reálnych objektoch alebo v rámci prebiehajúcich reálnych procesov, teda ide o **experiment reálny**. V súčasnosti sa môžeme stretnúť s pojmom **myšlienkový experiment** súvisiacim s myšlienkovou predstavou o experimente.

Snímka 7

Realizácia experimentu vyžaduje, aby boli splnené niektoré objektívne nutné podmienky, ktoré môžeme formulovať takto:

- existencia reálneho objektu alebo jeho modelového objektu, na ktorom sa bude experiment realizovať;
- existencia teórie experimentu. Na rozdiel od výpočtu je teória experimentu súborom čiastkových teórií alebo postupov činností pre jednotlivé etapy realizácie experimentu;
- znalosť matematiky s podobným účelom ako pri výpočte;
- potreba experimentálnej techniky (tzv. experimentálne reťazce – hardvér experimentu);
- znalosť ovládania hardvéru experimentu;
- nutnosť širokých interdisciplinárnych znalostí (fyzika, elektronika, telekomunikačná technika, teória pravdepodobnosti a štatistiky, znalosti v odbore, pre ktorý sa experiment realizuje a pod.);
- zaistenie objektívnych podmienok pre realizáciu experimentu.

Snímka 8

Experiment ako interdisciplinárna činnosť je ovplyvňovaný celým radom subjektívnych a objektívnych činiteľov, napr.:

- zložitosťou a charakterom riešeného problému,
- úlohou experimentu v rámci riešenia problému,
- úrovňou jednotlivých teórií experimentu, ktoré úzko súvisia s úrovňou niektorých vedných odborov (fyziky, matematiky, štatistiky a i.),
- úrovňou experimentálnej techniky, ktorá je ovplyvňovaná rozvojom niektorých technických odborov (strojárenstvo, elektrotechnika, elektronika, optoelektronika, chemický priemysel a i.),
- znalosťami pracovníkov – experimentátorov podieľajúcich sa na prípravách a realizácii experimentu,
- súborom obmedzení (materiálnych, personálnych, finančných, časových a pod.),
- organizačnými a ľudskými vzťahmi medzi realizačnými skupinami a v ich vnútri podieľajúcich sa na realizácii experimentu a riešení problému.

Snímka 9

Spoločné a rozdielne charakteristické rysy experimentu a výpočtu

- **Medzi spoločné rysy možno zaradiť tieto**:
- experiment aj výpočet sú v technickej praxi prostriedkom pre riešenie problémových situácií, nie sú teda samoúčelnou činnosťou človeka alebo pracovných tímov,
- oba sú úzko spojené priamymi a spätnými väzbami s vednými a technickými odbormi,
- úroveň obidvoch je výrazne ovplyvňovaná najmä:
  - úrovňou technických prostriedkov pre ich realizáciu,
  - úrovňou realizačných tímov,
  - súborom nadradených obmedzení (reštrikcií),
- experiment aj výpočet prešli vlastným historickým vývojom s týmito spoločnými rysmi:
  - mali obdobie revolučných premien a stagnácií,
  - zasiahla ich deľba práce,
  - boli výrazne ovplyvnené počítačmi,
- experimenty aj výpočty môžu byť dobré alebo zlé, pričom dobré experimenty sa berú ako samozrejmosť, rozhodnutia na základe zlých výpočtov a experimentov môžu mať nepriaznivé spoločenské dôsledky,
- zvyšovanie úrovne experimentov a výpočtov pre technickú prax by malo byť celospoločenskou záležitosťou a mala by jej byť venovaná príslušná pozornosť ako v pedagogickom procese tak aj v technickej praxi.

Riešenie súčasných problémov modelovaním vyžaduje súlad výpočtov a experimentov. Je preto vhodné uviesť **spoločné a rozdielne charakteristické rysy experimentu a výpočtu**.

Snímka 10

K rozdielnym rysom môžeme priradiť tieto

- reálny experiment je realizovateľný iba v súvislosti s existenciou reálneho objektu, zatiaľ čo počítať je možné aj bez neho,
- pre jeho návrh a realizáciu platí to isté, čo pre tvorbu technického objektu, je to činnosť patriaca do oblasti techniky,
- činnosti vykonávané v rámci realizácie experimentu sú profesijne rôznorodejšie ako pri výpočte vzhľadom na rôznorodejšie technické prostriedky, čo sa odrazilo a odráža na rozdielnom charaktere deľby práce,
- ovplyvnenie experimentu počítačom má rozdielny charakter ako pri výpočte, najmä z dôvodu rozdielnych väzieb experimentu na technické prostriedky,
- zatiaľ čo výpočet je realizačným prostriedkom teórie, experiment je východiskovým alebo verifikačným prostriedkom teórie.

Všeobecný rozvoj vedy a techniky prebiehajúci v druhej polovici minulého storočia priniesol so sebou aj nové úrovne experimentu. Zmeny sa doposiaľ prejavujú výraznejšie predovšetkým v nových úrovniach hardvéru a softvéru experimentu. Zatiaľ zaostáva pochopenie a využitie nových možností experimentu **v rámci komplexného modelovania a počítačovej podpory**. V dôsledku prebiehajúcich zmien sa súčasný experiment, podobne ako súčasný výpočet, výrazne odlišuje od experimentu predchádzajúceho obdobia.

Snímka 11

Súčasný experiment má určité **charakteristické rysy**:

- **Elektronizácia experimentu**
- **Kybernetizácia experimentu**
- **Počítačová podpora experimentu**
- **Integrácia experimentu**
- **Interdisciplinárnosť experimentu**
- **Algoritmičnosť experimentu**
- **Systémovosť experimentu**
- **Koncepčnosť experimentu**
- **Štruktúrovanosť experimentu**

Elektronizácia experimentu - Jej konkrétne prejavy sú:

prakticky v každom súčasnom experimente obsahujú (zaťažujúce, budiace, riadiace, meracie, registračné, vyhodnocovacie) reťazce elektronické súčiastky,
dochádza k neustálej miniaturizácii zariadení a prístrojov,
umožňuje rôzne formy analógových a digitálnych výstupov, vrátane rôznych foriem prepojení s počítačom,
výrazne sa zvyšujú výkonové parametre experimentálneho hardvéru (počty meracích miest, rýchlosť prenosu, kapacita pamätí),
prináša nové možnosti sledovania a riadenia experimentu.

Kybernetizácia experimentu spočíva vo využití kybernetických a systémových prístupov k analýze a syntéze problematiky experimentu ako riadenej sústavy pre získavanie, transformáciu, spracovanie a uchovanie informácií. Kybernetizácia experimentu je výsledkom:

cieľavedomého riadenia experimentu, v nadväznosti na riešený problém,
ponímania experimentu ako riadenej sústavy,
zdôrazňovania informačného charakteru experimentu.

Počítačová podpora experimentu znamená nasadenie počítačov ako prvkov experimentálneho hardvéru a programového vybavenia ako prvkov experimentálneho softvéru. Počítačová podpora je objektívne podmienená hlavne úrovňou elektronizácie, objektívnymi spoločenskými špecifikami a subjektívnymi faktormi užívateľov všeobecne, a teda aj v experimente. Aplikácia počítačov v technike ovplyvnila experiment z rôznych hľadísk:

priame ovplyvnenie experimentu počítačom spočíva v týchto charakteristikách:
počítač sa stáva priamou súčasťou jednotlivých reťazcov experimentu, čím sa môže meniť ich štruktúra a úroveň,

existujú nové možnosti prípravy experimentu spočívajúce v plánovaní meraní a počítačovej príprave mnohofaktoriálnych a extremalizačných experimentov,
mení sa kvalita, kvantita a spôsob realizácie výpočtových prác vykonávaných v rámci jednotlivých etáp experimentu, využitím experimentálneho softvéru,
výrazne sa zväčšili výkonové parametre experimentu, a to rýchlosť a operatívnosť vlastného merania, vyhodnocovanie výsledkov meraní, spracovanie rozsiahlych súborov získaných informácií,
je možné realizovať nové formy spracovania a uchovávania informácií pre:

- vytváranie databáz experimentálnych veličín,
- priame odovzdávanie výsledkov experimentu ako vstupov pre nasledujúce výpočty (napr. pri identifikačných úlohách),
- riadenie procesu experimentu v reálnom čase,
- riadenie rôznych procesov metalurgických, technologických, chemických a i.,
- riadenie činností (získavanie materiálových charakteristík pre najrôznejšie zaťažovania a pod.).

vzniká nový typ experimentu – **počítačový experiment**,
počítač umožnil riešiť v oblasti výpočtov problémy na novej úrovni, používať nové prístupy a zaviesť nové metódy; vznikla metóda konečných prvkov, hraničných prvkov, rozvíjajú sa identifikačné a optimalizačné prístupy; počítač sa stáva dominantným činiteľom vo všetkých formách počítačovej podpory inžinierstva.

Tieto skutočnosti ovplyvnili aj experiment z týchto hľadísk:

- do hierarchie experimentov sa začleňujú nové typy experimentov, ako identifikačný, systémový, optimalizačný a ďalšie ,
- zvyšujú sa nároky na presnosť experimentálnych veličín, pričom úroveň presnosti merania priamo ovplyvňuje možnosť realizácie výpočtových algoritmov pri riešení problémov na objekte,
- zvyšuje sa dôležitosť úrovňovej vyváženosti činnosti vo vnútri experimentu a v spojení experimentu s inými činnosťami pri riešení problému,
- je nutné stále hlbšie rozpracovávať teóriu experimentu v oblasti plánovania experimentu, merania a v oblasti spracovania informácií z experimentu.

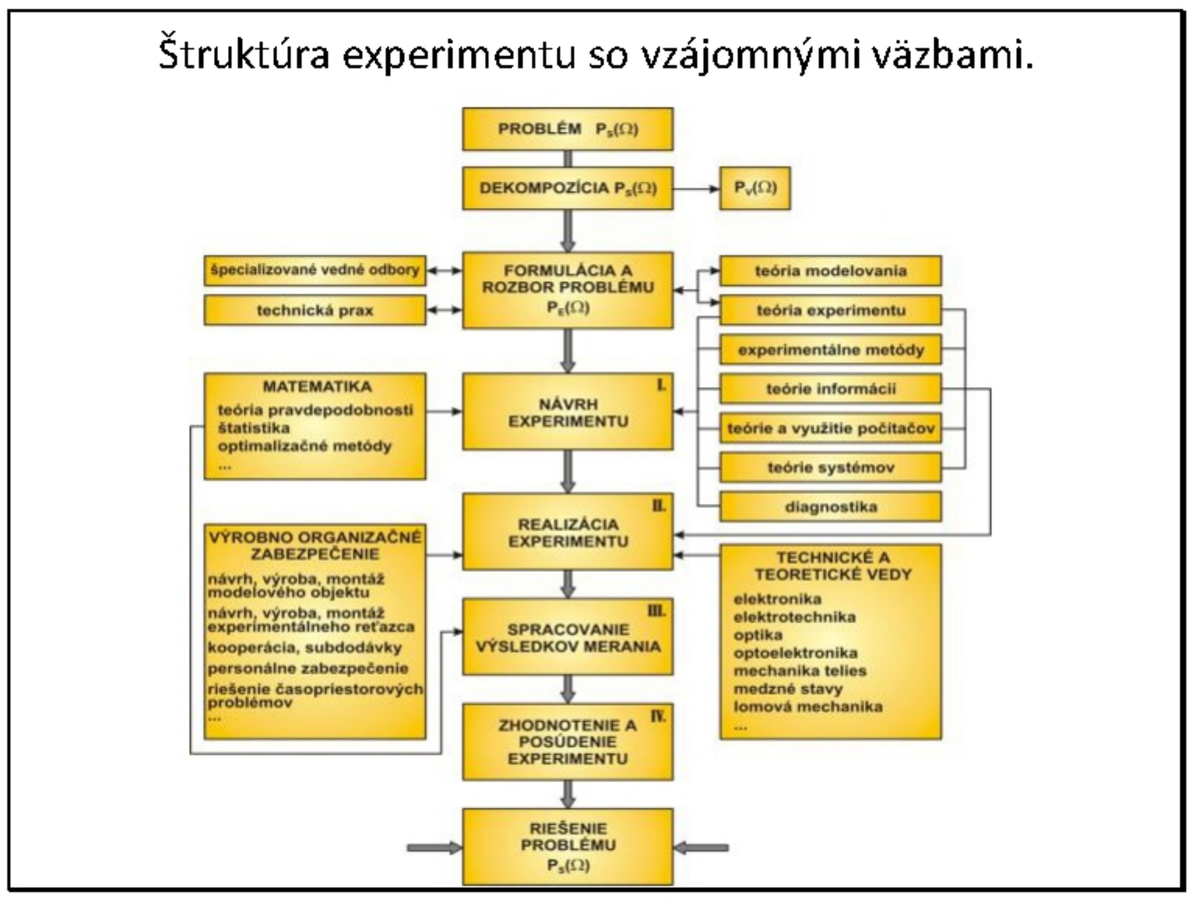
Integrácia experimentu sa prejavuje v oblasti:

- zjednotenia všetkých etáp experimentu tak, aby boli úrovňovo vyvážené a zabezpečovali jeho úspešnú realizáciu (užší význam integrácie),
- zjednotenia experimentu ako jednej z etáp riešenia problému s ďalšími etapami tohto riešenia, v zmysle úrovňovej vyváženosti a zabezpečenia rezultatívneho riešenia problému (širší význam),
- **Interdisciplinárnosť experimentu** sa prejavuje v tom, že súčasný experiment je vysoko interdisciplinárnym odborom,

Algoritmičnosť experimentu spočíva v súčasnosti v tendenciách a v snahách vypracovať dostatočne všeobecné algoritmy niektorých etáp experimentu s cieľom nasadenia počítačov a minimalizovania nesprávnych zásahov ľudského faktora.
Systémovosť experimentu je charakterizovaná tým, že v súčasnom experimente musia byť zvažované, rozpracované a sledované väzby medzi výpočtami a experimentmi v hierarchickom poňatí. Charakter, časová následnosť a mohutnosť týchto väzieb súvisí s typom modelovania.

Koncepčnosť experimentu znamená, že koncepcia experimentu ako celku a koncepcia jeho jednotlivých etáp je podriadená charakteru problému, ktorý sa s využitím experimentu rieši, a musí byť taká, aby bol experiment a problém za daných podmienok vyriešený efektívne.
Štruktúrovanosť experimentu spočíva v tom, že proces získavania informácií v rámci experimentu sa člení na charakteristické činnosti (plánovanie, príprava a realizácia meraní, spracovanie a prenos výsledkov meraní), ktoré tvoria etapy experimentu.

Snímka 12


Štruktúra experimentu so vzájomnými väzbami.
PROBLÉM $P_s(\Omega)$
DEKOMPOZÍCIA $P_s(\Omega)$
$P_v(\Omega)$
špecializované vedné odbory
technická prax
FORMULÁCIA A ROZBOR PROBLÉMU $P_s(\Omega)$
teória modelovania
teória experimentu
experimentálne metódy
teórie informácií
teórie a využitie počítačov
teórie systémov
diagnostika
MATEMATIKA
teória pravdepodobnosti
štatistika
optimalizačné metódy
...
I.
NÁVRH EXPERIMENTU
II.
REALIZÁCIA EXPERIMENTU
VÝROBNO ORGANIZAČNÉ ZABEZPEČENIE
návrh, výroba, montáž modelového objektu
návrh, výroba, montáž experimentálneho reťazca
kooperácia, subdodávky
personálne zabezpečenie
riešenie časopriestorových problémov
...
TECHNICKÉ A TEORETICKÉ VEDY
elektronika
elektrotechnika
optika
optoelektronika
mechanika telies
medzné stavy
lomová mechanika
...
III.
SPRACOVANIE VÝSLEDKOV MERANIA
IV.
ZHODNOTENIE A POSÚDENIE EXPERIMENTU
RIEŠENIE PROBLÉMU
$P_s(\Omega)$

Snímka 13

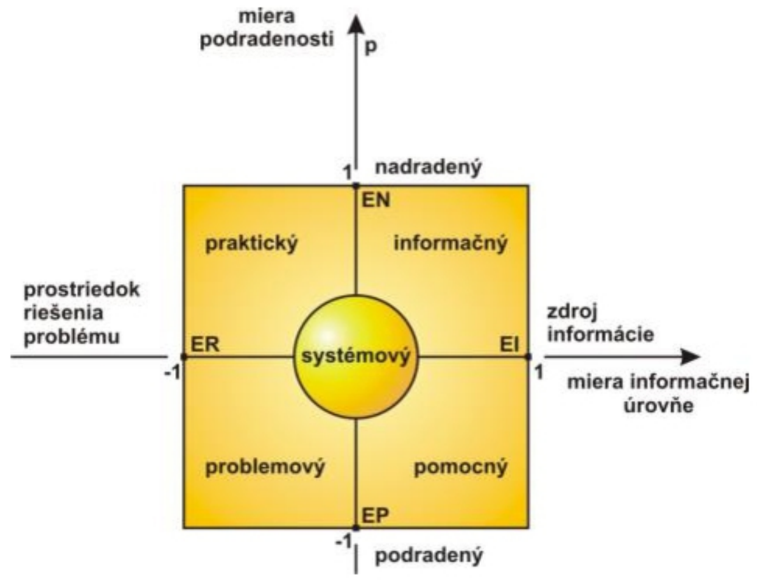
Typy experimentov podľa hierarchicko-cieľových hľadísk

- Tento aspekt vyjadruje vzťah experimentu k ostatným činnostiam v zmysle nadradenosti – podradenosti (hierarchia) a cieľa experimentu. Z tohto hľadiska je možné vymedziť nasledujúce typy experimentov:
- **Nadradený experiment–** experimentálne činnosti sú považované za nadradené všetkým činnostiam, ktorým je prisudzovaný len charakter pomocných činností.
- **Podradený experiment –** experimentálne činnosti sú považované za pomocné činnosti vzhľadom k iným, im nadradeným činnostiam.
- **Experiment ako zdroj informácií –** cieľom experimentu je získanie informácií v konzervovanom tvare bez záujmu o ich zmysel a ďalšie využitie.
- **Experiment ako prostriedok pre riešenie problému –** cieľom je prostredníctvom experimentu vyriešiť problém na objekte bez toho, aby bolo sledované zachovanie experimentálne získaných informácií.

Experimentov bolo a je realizovaných veľmi veľa a vo veľmi širokom rozsahu. Realizujú sa na najrôznejších objektoch, v rôznych prostrediach, s rôznymi cieľmi a vybavením. Vykonávajú ich ľudia s rôznymi prístupmi a postojmi, jednotlivci aj veľké tímy. Experimenty je vhodné rozdeliť podľa niekoľkých hľadísk na typy.

Snímka 14

Medzi týmito typmi experimentov leží oblasť experimentov s rôznymi úrovňami podradenosti a informačnými úrovňami.



Označme tieto úrovne p a i a kvantifikujme ich číslami z intervalu -1,1. Zaveďme **mieru podradenosti** , kde p+1 znamená úplne nadradený experiment a p-1 experiment úplne podradený. Podobne zavedieme **mieru informačnej úrovne** -1,1, kde i=+1 znamená, že jediným cieľom experimentu je získanie informácií, pričom pre i=-1 je cieľom experimentu riešenie problému objektu.
Všetky tieto experimenty je možné graficky znázorniť bodmi v rovine , ktorú označíme ako **hierarchicko-informačnú rovinu experimentov** (obr.).

V tejto rovine môžeme zobraziť charakteristické typy problémových, informačných, pomocných, praktických a systémových experimentov s týmto významom:

informačné - dominantná je nadradenosť experimentu sledujúceho získavanie informácií,
praktické - dominantná je nadradenosť experimentu pri riešení problému,
pomocné - dominantné je experimentálne získavanie informácií ako pomocnej aktivity pre iné nadradené činnosti,
problémové - dominantné je riešenie problému, pričom experimentálne činnosti sú podradené iným činnostiam (napr. teoreticko-výpočtovým) pri riešení problému,
systémové - všetky štyri zložky charakterizujúce experiment sú v princípe rovnako významné. Cieľom systémových experimentov je ako riešenie problému, tak aj získavanie, spracovanie a uchovávanie informácií predovšetkým na počítačových pamäťových médiách. Experimentálne činnosti nie sú preceňované ani podceňované a majú svoje nezastupiteľné miesto v sústave cieľavedomých činností pri riešení problému.

Snímka 15

Typy experimentov podľa tímovosti

Experiment je možné, podobne ako výpočet, členiť na **individuálny a tímový**.

V tíme sa vyskytujú profesijne rozdielni pracovníci, alebo vznikajú subtímy pracovníkov zabezpečujúce realizáciu týchto činností:

- príprava objektu na meranie, inštalácia zariadenia,
- príprava merania spočívajúca v zostavovaní meracích prístrojov do reťazcov, zapájanie prístrojov a funkčné skúšky prístrojov a celého zapojenia,
- realizácia vlastného merania vrátane registrácie nameraných hodnôt,
- vyhodnocovanie výsledkov meraní.

Individuálny experiment je charakterizovaný tým, že všetky činnosti v rámci experimentu vykonáva jeden človek, čo znamená, že si sám experiment pripravuje, realizuje meranie, registruje a vyhodnocuje namerané veličiny a vyhodnocuje ich. Je zrejmé, že individuálne je možné zvládnuť len experimenty jednoduché i keď problémy, ktoré sa riešia, nemusia byť jednoduché. Umenie experimentátorov – individualistov je navrhnúť experiment čo najjednoduchší tak, aby boli schopní problém vyriešiť. Individuálny experiment bol dominujúci v období dobovo zložitých problémov, avšak v čase jednoduchej meracej a výpočtovej techniky.

Opakom individuálneho experimentu, podobne ako pri výpočtoch, je **experiment tímový**. Prechod na tímový experiment má však oproti výpočtu svoje špecifiká. Pri výpočte bol vyvolaný predovšetkým zložitosťou a prácnosťou riešených problémov, čo viedlo k rozdeleniu práce medzi pracovníkov rovnakej profesie – výpočtárov. Mohli mať síce rôzne zameranie (výpočtár statik, výpočtár riešiaci problémy pružnosti, termodynamiky a pod.), ale všetci vykonávali rovnaký druh práce – počítali. K deľbe práce prakticky dochádza pri rovnakej úrovni výpočtových prostriedkov. Viac výpočtárov síce zvýšilo kvantitu výpočtov a samotné výpočty sa pri dobrej organizácii mohli urýchliť. Špecializácia výpočtárov mohla prispieť aj ku zvýšeniu kvality výpočtov. Výrazné zvýšenie úrovne výpočtov však prechod z individuálneho na tímový výpočet nepriniesol.

Pri experimente bola situácia odlišná. Rozvoj vedy a techniky síce prinášal zložitejšie problémy, ale experimentátorom poskytoval aj dokonalejšie prístroje a zariadenia. Tieto prístroje boli aj komplikovanejšie, komplikovanejšími sa stávali aj zaťažovacie zariadenia, rástol počet meraní, zložité bolo aj vyhodnocovanie meraní. Tieto objektívne skutočnosti spôsobili, že jeden človek nebol schopný vykonávať profesijne rôznorodé práce pri realizácii experimentu, takže dochádza k vytváraniu tímov experimentátorov.

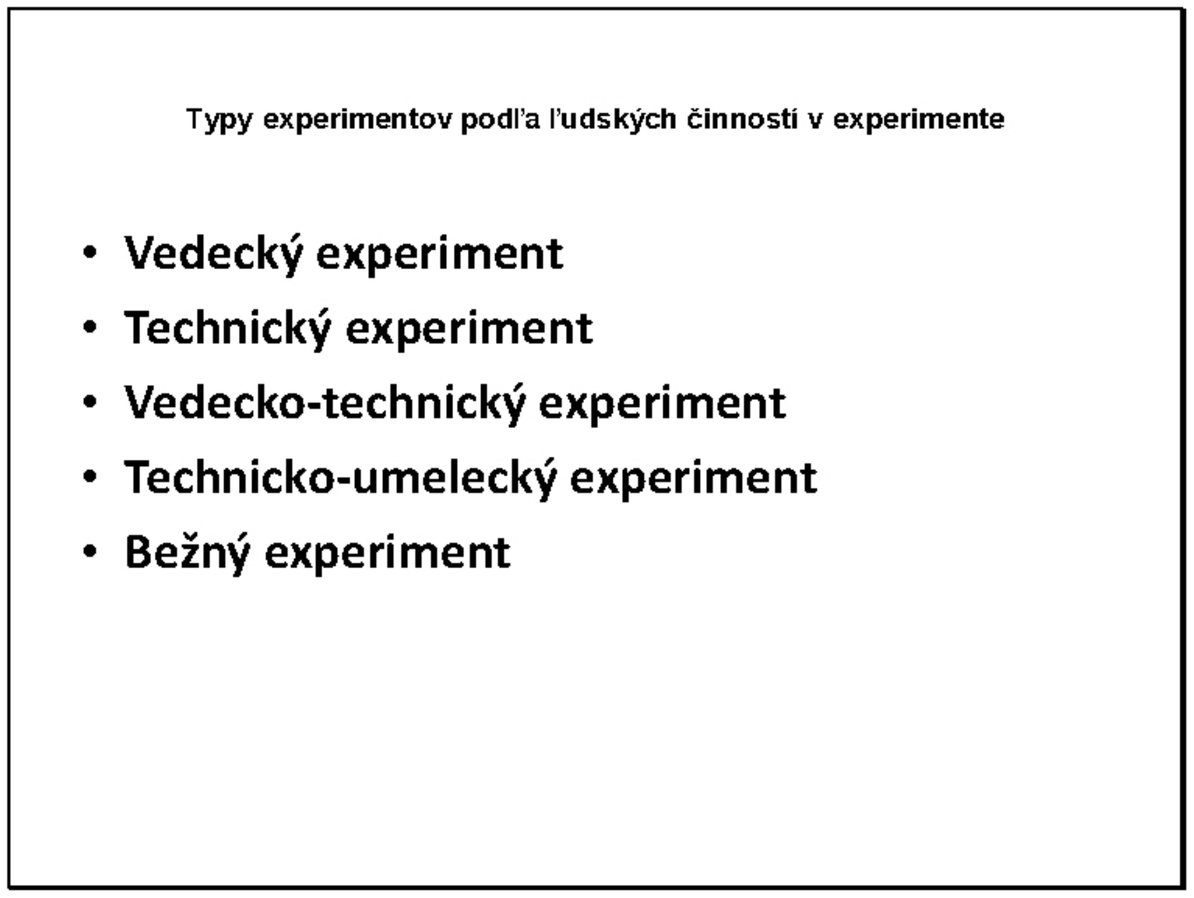
Snímka 16

Typy experimentov podľa miesta realizácie experimentu

Experiment je možné podľa miesta realizácie členiť na **pozemský**, **kozmický**, **prevádzkový**, **laboratórny** a pod..

Jeho vymedzenie je zrejmé z názvu a nepotrebuje bližší komentár.

Snímka 17



Vedecký experiment objasňuje, rekonštruuje a predvída podstatu prírodných javov a väzieb medzi nimi. Výsledky vedeckých experimentov zvyšujú úroveň našich znalostí a slúžia nielen pre ďalší rozvoj vedy, ale sú využívané v technike aj v bežnom živote.
Technický experiment je spojený s tvorbou technických objektov v rôznych etapách ich návrhu, výroby a skúšania.
Vedecko-technický experiment možno chápať v zmysle aktívneho prepojenia vedeckého a technického experimentu, teda ako organické prepojenie vedy a techniky v experimentálnej sfére. Pojem vedecko-technický experiment sa dnes často používa pre technický experiment, aby slovom vedecký bola zvýraznená jeho úroveň.
Technicko-umelecký experiment je predovšetkým experimentom z oblasti technického dizajnu. Jeho cieľom je overiť, či technický objekt navrhnutý z určitých funkčných a estetických hľadísk spĺňa účelovú funkciu, estetické a ergonomické požiadavky v prevádzkových podmienkach.
Bežný experiment má za cieľ získať poznatky alebo overiť predpoklady o priebehu procesov a činností realizovaných v rôznych oblastiach bežného života. Patria sem napríklad experimenty z oblasti športu, dopravy a i. Podobne by bolo možné vymedziť experiment ekonomický, národohospodársky, biologický, ekologický a i. Experimenty realizované v mechanike telies môžu patriť do skupiny experimentov vedeckých, technických alebo vedecko-technických.

Snímka 18

Typy experimentov podľa ich riadenia

V experimente sa vyskytujú dva základné typy riadenia:

- riadenie modelového objektu , ktorého vlastnosti sa experimentálne sledujú (napr. cyklické silové alebo deformačné zaťažovanie skúšobných vzoriek pri získavaní únavových charakteristík materiálov),
- riadenie procesu získavania a spracovávania informácií vychádzajúcich z modelového objektu.

Podľa charakteru riadenia objektu sa experimenty delia na:

- **pasívne** – objekt nie je experimentátorom riadený.
- **aktívne** – objekt je riadený experimentátorom.

Podľa charakteru riadenia objektu sa experimenty delia na:
pasívne – objekt nie je experimentátorom riadený. Experiment prebieha podľa všeobecných zákonov (experimentálne zisťovanie pohybu vesmírnej planéty (objekt), ktorej pohyb nie je možné ovplyvňovať – subjekt je pasívnym pozorovateľom pohybu telesa),
aktívne – objekt je riadený experimentátorom z hľadiska sledovaných cieľov. Pri jeho realizácii môžu byť zvolené tieto spôsoby riadenia:

experimentátor zadá ručné alebo spustí automatické riadenie experimentu s naprogramovaným riadením experimentu, teda zadá vstupy experimentu a čaká na výsledok – na výstupy experimentu. Tento experiment má podobný charakter ako dávkový spôsob výpočtov na počítačoch. Budeme ho jednotne označovať pojmom dávkový experiment riadený ručne alebo automaticky (riadené experimenty pri určovaní materiálových charakteristík, automatické monitorovanie, deformácie extrémne namáhaných súčiastok dôležitých zariadení – lietadiel, atómových reaktorov);

experiment môže byť riadený automaticky so spätnou väzbou, keď sa vstupy riadia na základe výstupov z experimentu, a to kontinuálne alebo v skokoch v reálnom čase. Príkladom môže byť premiestňovanie kostola v Moste (ČR). Výstupy experimentu boli napätia v exponovaných miestach stien a klenby kostola. Na základe pevnostných posúdení z týchto napätí sa riadil posuv kostola;

vývoj hardvéru a softvéru meracích reťazcov a nasadzovanie interaktívnych počítačov pri riadení experimentov a vyhodnocovaní výsledkov umožňuje interaktívne riadenie experimentov (vstupy do ktoréhokoľvek kroku realizácie experimentu). Štruktúra meracieho reťazca musí umožňovať interaktívnu komunikáciu. Experiment s týmito charakteristikami označujeme ako interaktívny (interaktívne môžeme riadiť napr. charakter a veľkosť zaťažovania, počet meracích miest, spôsob vyhodnocovania meraní a pod.).

Snímka 19

Typy experimentov podľa ich úlohy v modelovaní

Začlenenie, význam a úloha experimentu v modelovaní môžu byť rôzne, čomu odpovedajú aj rôzne typy experimentov.

Snímka 20

Typy experimentov vo výpočtovom modelovaní

- **Systémový experiment**
- **Formulačný experiment**
- **Podobnostný experiment**
- **Verifikačný experiment**
- **Konkretizačný experiment**

Systémový experiment – jeho cieľom je určiť podstatné veličiny a podstatné závislosti medzi nimi z hľadiska riešeného problému. Je základom pre vytvorenie systému na objekte na základe objektivizovaných meraní. Podľa predmetu záujmu na objekte rozlišujeme **experiment štruktúrny** a **experiment správania objektu**.

Formulačný experiment – je základom pre vymedzenie úrovne pravdivosti teórie, ktorá je modelovým objektom teoretického a výpočtového modelu. Ako už bolo uvedené, zmyslom výpočtového modelovania nie je vytvárať teórie, ale využívať teórie, ktoré majú vymedzený odbor a úroveň pravdivosti. Formulačný experiment preto v zásade predbieha výpočtové modelovanie veľakrát o celé desaťročie. Negatívnym dôsledkom toho je, že podmienky realizácie tohto experimentu upadnú do zabudnutia a teória sa považuje za pravdivú na súčasnej úrovni, aj keď bola formulovaná na základe experimentov na úrovni dávnej minulosti. Toto je jeden z vážnych problémov výpočtového modelovania a experimentov. Z hľadiska experimentu to vyžaduje, aby teórie využívané ako modelové objekty boli overované priebežne s vývojom experimentu a aby tým bola trvalo aktualizovaná oblasť ich praktickej použiteľnosti vo výpočtovom modelovaní.

Podobnostný experiment – jeho cieľom je na základe merania zistiť, či objekty (ich štruktúra či správanie) sú z daného hľadiska podobné, určiť mieru tejto podobnosti a charakter zobrazenia vymedzujúceho túto podobnosť. Z vymedzenia podobnosti je zrejmé, že vyžaduje realizáciu experimentu na dvoch rôznych objektoch.

Verifikačný experiment – jeho cieľom je overiť pravdivosť riešenia po skončení riešenia problému výpočtovým modelovaním. Podľa charakteru riešeného problému môže mať verifikácia najrôznejšiu úroveň, od kvalitatívneho posudzovania typu „áno“ – „nie“ až po kvantifikáciu odchýlok pri zložitých systémoch.

Konkretizačný experiment – má za úlohu získať konkrétne vstupné údaje pre riešenie problému, pre ktorý je spracovaný výpočtový model hromadného typu. Požiadavkou je, aby úroveň konkretizačného experimentu bola v súlade s úrovňou použitej teórie a výpočtových

algoritmov. Paradoxné je, keď sa výpočet realizuje na niekoľko desatinných miest a vstupné údaje sú určené s presnosťou desiatok percent.

Snímka 21

Typy experimentov v experimentálnom modelovaní

- **Vstupný experiment**
- **Informačný experiment**
- **Výstupný experiment**
- **Verifikačný experiment**

Vstupný experiment – jeho cieľom je získať základné vstupné údaje o objekte (o jeho štruktúre či správaní) ako podklad pre ďalšie riešenie. Vstupný experiment môže mať nadväznosť na výpočtové modelovanie. Na základe výsledkov vstupného experimentu môže riešenie problému pokračovať v týchto variantoch:
získajú sa také poznatky o objekte, že je možné prejsť na výpočtové modelovanie, čo zvyčajne znamená zefektívnenie modelovania a zvýšenie úrovne riešenia problému,
na základe získaných výsledkov je možné vytvoriť ďalšie experimentálne modely, a tak zefektívniť modelovanie,
získané údaje sú postačujúce pre riešenie problému. Experimentálnym modelovaním riešenie problému končí.
Informačný experiment vychádza z poznatkov vstupného experimentu, pomocou ktorého sa na vyššej úrovni poznania cieľavedome získavajú informácie o objekte ako podklad pre:
následné riešenie výpočtovým modelovaním - informačný experiment prechádza tak do experimentu konkretizačného alebo systémového,
rozšírené experimentálne modelovanie,
konečné riešenie problému objektu.
Výstupný experiment – vychádza z predchádzajúcich dvoch typov experimentov a vedie k experimentálnemu riešeniu problému (pokiaľ existuje).
Verifikačný experiment – jeho cieľom je overiť pravdivosť riešenia experimentálnym modelovaním. Prostriedkom tejto verifikácie je zase experiment vykonávaný:
na inom, z určitých hľadísk podobnom modelovom objekte,
v iných časovo-priestorových podmienkach iným riešiteľom,
inými experimentálnymi prístupmi a metódami,
iným experimentálnym hardvérom.

V súčasnosti sa v rámci počítačovo orientovaného výpočtového modelovania intenzívne spracovávajú algoritmy pre identifikačné a optimalizačné úlohy. Vstupy do algoritmov inverzných úloh sa získavajú experimentálne.
Identifikačné a optimalizačné úlohy, na rozdiel od úloh v priamom modelovaní, majú určité špecifiká, medzi ktoré patrí:
väčšia zložitosť algoritmov oproti priamym úlohám,
horná podmienenosť a nekorektnosť,
vyššie nároky na presnosť vstupných údajov,
nutnosť bezprostrednej a trvalej spolupráce výpočtárov a experimentátorov pri riešení.
Experimenty pre tieto úlohy sa označujú ako identifikačné a optimalizačné.

Snímka 22

ETAPY EXPERIMENTU

Experiment je možné rozdeliť na štyri základné etapy

1. návrh experimentu,
2. realizácia experimentu,
3. spracovanie výsledkov merania,
4. zhodnotenie a posúdenie experimentu.

Experiment je prostriedkom riešenia problému, čo znamená, že to musí byť cieľavedomá a k cieľu vedúca činnosť. Experiment by mal byť jednoduchý, ale nie jednoduchší než je prijateľná hranica. Mal by byť ľahko a rýchlo realizovateľný a ekonomicky prijateľný. Navrhnúť taký experiment znamená riešiť rad čiastkových problémov súvisiacich s plánovaním experimentu a meraní, s realizáciou meraní, registráciou nameraných veličín, s ich spracovaním a posúdením.
Experiment je možné rozdeliť na štyri základné etapy (obr.2.5):
návrh experimentu,
realizácia experimentu,
spracovanie výsledkov merania,
zhodnotenie a posúdenie experimentu.
Kvôli zdôrazneniu, že experiment nie je samoúčelnou činnosťou, že je vždy súčasťou nejakého nadradeného problému, je na obr.2.5 zaznačená aj etapa „Problém zadaný subjektom na objekte “, ktorá predchádza vlastnému experimentu (porovnaj s obr.2.3).

Snímka 23

Návrh experimentu

I.	NÁVRH EXPERIMENTU		
1.	Formulácia úvahy a rozbory návrhu experimentov		
	$P_{E1}(\Omega)$ $P_{E2}(\Omega)$ ... $P_{Ei}(\Omega)$		
2.	Komplexné úvahy a rozbory návrhov experimentov		*otázka*
3.	Voľba a tvorba experimentálneho objektu		*na čom ?*
4.	Plánovanie merania	Výber vstupných a výstupných faktorov	*čo ?*
		Návrh úrovne vstupných faktorov	
		Návrh meracích miest	*kde ?*
5.	Výber meracej metódy		*ako ?*
6.	Vytvorenie systému na experimentálnom objekte		*prečo ?*
7.	Návrh experimentálneho reťazca		*čím ?*
8.	Časový rozbor experimentu		*kedy ?*
9.	Ekonomický rozbor experimentu		*za čo ?*

Prvou etapou experimentu je jeho **návrh**, ktorý sa skladá z celého radu častí. Návrh experimentu má veľa spoločných rysov s návrhom technického diela, predovšetkým to, že o kvalite experimentu sa rozhoduje v etape jeho návrhu, keď je k dispozícii najmenej informácií. Sú známe výroky experimentátorov o tom, že po skončení experimentu by najradšej začali znova a lepšie. To však neplatí len pri experimente. Výstižne to vyjadril B. Pascal: „Na konci diela poznáme, čím sme mali začať“.
Prvým krokom (časťou) návrhu experimentu je „Formulácia experimentálneho problému na objekte “. Tento krok je často podceňovaný, môže sa zdať triviálny a zbytočný. Jasná formulácia problému je však veľmi dôležitá, pretože v mnohých prípadoch môže prispieť k lepšiemu pochopeniu javov, ktoré sa budú vyšetrovať experimentálne. Okrem vymedzenia podstaty experimentálneho problému a jeho formulácie by mal vymedzovať vzťah experimentu k nadradenému problému, zmysel a cieľ riešenia, súbor podmienok, možností a obmedzení pri experimentálnom riešení problému (sú to tzv. nadradené obmedzenia experimentu), a taktiež súbor overovacích (verifikačných) kritérií experimentálneho riešenia. V tomto kroku je nutné posúdiť, či je vhodné alebo nutné rozčlenenie experimentálneho problému na čiastkové problémy a rozhodnúť o prístupoch a metódach ich riešení. Tento krok má rovnaké poslanie a členenie ako formulácia každého problému. Pri formulácii je tiež nutné uvažovať o tom, ktoré z veličín experimentálne overovaného systému objektu budú nezávislé a ktoré závislé premenné. Nezávislé premenné veličiny (tzv. vstupné faktory) vyjadrujú pôsobenie na objekt (zaťažovanie, ohrievanie, deformovanie), závislé veličiny (tzv. výstupné faktory) prejavy a chovanie sa objektu (napr. mechanický pohyb).

Snímka 24

Otázky k návrhu experimentu

Na čom merať?	Na primárnom objekte, na ktorom riešime problém, na upravenom primárnom objekte alebo na modelovom objekte?
Čo merať?	Ako vybrať vstupné a výstupné faktrory, ktoré sú z hľadiska riešenia problému podstatné a ktoré z nich je nutné merať. S touto otázkou súvisí aj určenie úrovní vstupných faktorov, pri ktorých sa bude realizovať meranie a počet opakovaných meraní.
Ako merať?	S odpoveďou na túto otázku súvisí výber experimentálnej metódy.
Kde merať?	Výber miest, v ktorých budeme na objekt pôsobiť a výber miest, v ktorých budeme meraním kvantifikovať prejavy a chovanie.
Čím merať?	S touto otázkou súvisí návrh experimentálneho reťazca a jeho zaťažovacie, meracie a vyhodnocovacie časti.
Kedy merať?	Naplánovať meranie časovo tak, aby bol problém vyriešený pri existujúcich obmedzeniach.
Za čo merať?	Kde získať finančné prostriedky nutné na realizáciu merania.

Vysoké nároky na realizáciu experimentu (časové, finančné, spracovanie výsledkov) vznikajú, ak experimentálne skúmaná sústava má viac premenných veličín, pretože počet potrebných meraní narastá exponenciálne. Už pri základných úvahách o experimente je preto vhodné posúdiť, či medzi nezávisle premennými existujú nejaké väzby. Prostriedkami pre toto posúdenie je rozmerová (dimenzionálna) analýza (ak systém veličín vytváraný na objekte je možné vyjadriť v analytickom tvare), resp. systémový (redukčný) experiment, ak systém nie je možné popísať analyticky.
Druhým dôležitým krokom návrhu experimentu sú komplexné úvahy a rozbory súvisiace s návrhom experimentu. Je to predovšetkým návrh vlastného merania, ktorý súvisí s hľadaním odpovedí na otázky uvedené na obr.

Odpovede na všetky tieto otázky sa prakticky až do prvej štvrtiny minulého storočia riešili na základe intuície, skúseností a umenia experimentovať. Keďže časom sa môžu hromadiť iba skúsenosti, a to nezávisle od toho, či experiment je individuálny alebo tímový (je totiž dokázané, že skúsenosti tímu nie vždy oveľa prevyšujú skúsenosti vynikajúceho jednotlivca), úroveň návrhov experimentov predstavovala v priebehu doby len mierny pokrok. V tomto kroku je možné vykonať aj začlenenie experimentu z hľadiska jeho typu. V ďalšej časti rozoberieme odpovede na jednotlivé otázky podrobnejšie.
Voľba a tvorba experimentálneho objektu môže byť viazaná priamo na objekt, na ktorom sa rieši experimentálny problém, na jeho upravenú verziu, resp. jeho fyzický model, ktorý môže mať rôzny charakter.
Voľba typu experimentálneho objektu predovšetkým súvisí:
s charakterom riešeného problému (experimentálne meranie na prototype, garančné meranie, meranie na geometrickom modeli pri návrhu diela, riešenie čiastkových problémov súvisiacich napr. s deformáciou a napätosťou objektu),

s charakterom nadradených obmedzení (možnosti a výber optimálnej realizácie objektu a experimentu z hľadiska časových, finančných, personálnych, materiálových podmienok a pod.).
Príprava a výroba experimentálneho objektu je problematikou výrobného charakteru, pre ktorú platia bežne známe pracovné postupy, a preto sa s ňou nebudeme bližšie zaoberať.
Plánovanie merania predstavuje takú organizáciu meraní, ktorá umožňuje získať experimentálne veličiny, aplikovať na ne štatistické metódy s cieľom vyvodiť pravdivé a objektívne závery tak, aby rozsah meraní na jednej strane a objem, forma a úroveň získaných informácií na strane druhej boli v optimálnych reláciách. Súčasťou plánovania merania je hlavne:
výber vstupných faktorov (nezávisle premenné) a výstupných faktorov (závislé veličiny),
návrh úrovne vstupných faktorov (určenie číselných hodnôt vstupných faktorov, pri ktorých sa bude realizovať meranie), počet opakovaných meraní,
návrh meracích miest.
Problém plánovania merania úzko súvisí s typom matematického opisu experimentálneho problému a so spôsobom vyhodnocovania meraných, resp. experimentálnych veličín.
V príručke je **výberu meracích metód** venovaná samostatná kapitola. Keďže v texte budeme pracovať s pojmom „meracia metóda“, je vhodné tento pojem vymedziť.
Meracia metóda je návodom, ako získať požadovanú informáciu o objekte v prijateľnom, číselne vyjadrenom tvare. Má vždy charakter transformácie medzi požadovanou veličinou na objekte a výstupnou veličinou zo snímača alebo z reťazca.
Existencia meracej metódy je jednou z nutných podmienok realizácie experimentu. Jej výber úzko súvisí so všetkými etapami experimentu. Vzhľadom k zameraniu, aj napriek pomerne veľkému rozsahu príručky, nie je možné sa zaoberať meracími metódami v jednotlivých technických odboroch (v mechanike, v leteckom, automobilovom, strojárskom priemysle). Zásadným hľadiskám pre výber meracej metódy sa budeme podrobnejšie venovať v ďalších kapitolách .

Vytvorenie systému na experimentálnom objekte sa od jednoduchého pokusu líši cieľavedomosťou. To si však vyžaduje, aby už vo fáze návrhu bola vytvorená východisková myšlienková predstava o experimentálnom objekte z hľadiska problému, ktorý má byť experimentálne riešený. Znamená to vopred posúdiť mieru významnosti jednotlivých častí experimentálnych objektov a dejov, ktoré v ňom prebiehajú, mieru ich vzájomnej súvislosti a na základe toho vybrať podstatné. Znamená to tiež vybrať typ veličín, ktorými budeme vlastnosti experimentálneho objektu vyjadrovať, zvoliť rozlišovaciu úroveň a mieru objektivizácie výsledkov, ktorú chceme dosiahnuť. Táto východisková predstava musí byť vo fáze návrhu formalizovaná. Je zrejmé, že ide o vytvorenie systému experimentálneho objektu z hľadiska problému, ktorý sa má experimentálne riešiť [2.15]. Je to však systém neúplný a cieľom ďalších etáp je zabezpečenie jeho úplnosti, resp. jeho zmena. Miera neúplnosti môže byť rôzna, a z toho potom vyplývajú požiadavky na meranie a spracovanie výsledkov. Ak označíme neúplný systém vytvorený vo fáze návrhu, potom cieľom meraní a spracovania výsledkov je v extrémnom prípade buď konkretizácia tohto systému, alebo zmena systému. Vytvorenie systému sa často v literatúre označuje ako vytvorenie modelu (experimentálny, matematický model a pod.).
V súčasnej experimentálnej činnosti v každom inžinierskom odbore vyžaduje **návrh experimentálneho reťazca** náročné skúšobné zariadenie zostavené a prepojené tak, aby na požadovanej úrovni umožňovalo realizáciu experimentu. Sústava cieľavedome prepojených

prvkov skúšobného zariadenia sa označuje ako **experimentálny reťazec**, ktorý je možné deliť na čiastkové reťazce, a to funkčné, zaťažovacie, meracie, riadiace a vyhodnocovacie. Ich vymedzenie bude rozpracované ďalej spolu so všeobecnými zásadami pre zostavovanie experimentálneho reťazca.
Typy prvkov, ktoré tvoria experimentálny reťazec, súvisia s odborovou orientáciou experimentu, s typom veličín, ktoré sa majú experimentálne merať, s úlohou experimentu, požiadavkami na presnosť meraní a pod. Prístroje a zariadenia pre experimentálne vyšetrovanie veličín v mechanike budú predmetom ďalšieho výkladu, tu len uvedieme, že hotové zariadenia sú k dispozícii len veľmi zriedka. Obvykle je nutné experimentálny reťazec kompletizovať z čiastkových komerčne vyrábaných prvkov a z prvkov, ktoré je nutné navrhnúť a vyrobiť.
V overovacej fáze experimentálnych prác, keď obvykle nemáme ešte dostatok poznatkov o celom charaktere experimentu, je účelné zostaviť jednotlivé reťazce z hotových prvkov aj za cenu improvizácií a provizórií. Definitívne zostavenie reťazcov uskutočňujeme až v realizačnej fáze experimentu. Metodika konštruovania prvkov pre čiastkové reťazce je vo všeobecnosti zhodná s metodikou konštruovania iných strojov a v súčasnosti prechádza z intuitívneho charakteru na vedecky fundovanú základňu.

Súčasťou formulácie experimentálneho problému bývajú v rámci nadradených obmedzení formulované aj časové požiadavky a ekonomické obmedzenia experimentu. V rámci návrhu experimentu je preto nutné vykonať časové a ekonomické rozbory. Podľa charakteru pracoviska a zvyklostí sú vykonávané buď experimentátormi, alebo sa podklady odovzdajú k ich spracovaniu inému pracovisku. Má teda zmysel zaoberať sa faktormi, ktoré ovplyvňujú časovú a ekonomickú bilanciu.

Dobu realizácie experimentu **ovplyvňuje** predovšetkým:
trvanie realizácie modelového objektu (návrh, výroba, príprava na meranie, prípadná likvidácia objektu po meraní),
trvanie výroby a zabezpečenie prvkov jednotlivých čiastkových reťazcov a zostavenie experimentálneho reťazca,
rozsah merania (počty meracích miest, opakovaných meraní, overovacích meraní),
typy prístrojov (kapacity meracích miest, operačné rýchlosti, spoľahlivosť meracích a registračných prístrojov),
schopnosť pracovníkov realizujúcich experiment,
kvalita organizácie práce,
zabezpečenie vhodných priestorov pre realizáciu experimentu.

Faktory, ktoré **ovplyvňujú finančné náklady** súvisia okrem iného s činiteľmi ovplyvňujúcimi dobu realizácie experimentu. Celkové náklady na realizáciu experimentu sa skladajú z týchto čiastkových nákladov:
náklady na výrobu, prípravu a likvidáciu modelového objektu,
náklady na výrobu, nákup, resp. prenájom prvkov experimentálneho reťazca,
náklady súvisiace s prípravou merania, s overovacím a vlastným meraním,
náklady na spracovanie a vyhodnotenie meraní,
náklady na kooperáciu s inými pracoviskami (externí pracovníci, prenájom objektov),
režijné náklady.

Snímka 25

Realizácia experimentu

II.	REALIZÁCIA MERANIA		
1.	Realizácia experimentálneho reťazca		
2.	Overovacia fáza merania	Overovacie meranie	
		Spracovanie, vyhodnotenie, posúdenie výsledku overovacieho merania	
3.	Realizačná fáza merania	Meranie	
		Posúdenie výsledkov merania	

Pod pojmom realizácia merania chápeme:
- technické (hardvérové) a metodické zabezpečenie,
- programové (softvérové) zabezpečenie,
- personálne a organizačné zabezpečenie,
- vykonanie merania.

Technické a metodické zabezpečenie (existencia využiteľných meracích metód) úzko súvisí s odborom, v ktorom sa experiment vykonáva (skúšobne materiálov, letecké, automobilové, skúšobne turbín a i.).
Personálne a organizačné zabezpečenie je závislé od charakteru inštitúcie, v ktorej sa experiment realizuje (výrobný podnik, skúšobný ústav, výskumný ústav, vysoká škola a i.).
Problematika špecifík a úrovne jednotlivých zložiek zabezpečenia experimentu nebude v príručke detailne rozoberaná.
Pri zostavovaní experimentálneho reťazca je nutné dodržiavať zásady teórie merania. Vlastná realizácia experimentálneho reťazca je profesijnou záležitosťou skúšobných technikov, mechanikov a elektrotechnikov v úzkej spolupráci s experimentátormi.
Prevažná časť dnešných technických experimentov predstavuje zložité procesy s vysokými materiálnymi, finančnými a časovými nárokmi, niekedy s priamym vplyvom na výrobnú a vedeckovýskumnú sféru. Napr. pri experimentoch realizovaných na prototypoch experiment rozhoduje o začiatku sériovej výroby, pri prevádzkových experimentoch znamená odstavenie objektu z prevádzky, pri vedecko-technických experimentoch ovplyvňuje začiatok aplikácie vedeckých poznatkov v technickej praxi. Je preto žiaduce, aby realizácii vlastného experimentu predchádzalo aspoň krátke overovacie meranie slúžiace na to, aby realizačná fáza experimentu prebiehala s vysokým stupňom spoľahlivosti a objektívnosti dosiahnutých výsledkov.

V rámci **overovacieho merania** je dôležité predovšetkým:
funkčné overenie experimentálneho reťazca,
získanie poznatkov o možnosti konkrétnej eliminácie rušivých vplyvov na experiment,
získanie primárnych informácií o dosiahnutej presnosti meraných veličín,
získanie poznatkov o časových nárokoch na meranie,
overenie, či navrhnutý experiment spĺňa požiadavky z hľadiska riešeného problému.

Snímka 26

Zásady, ktoré vyplývajú z dlhodobých skúseností experimentátorov a ktoré sú nutným predpokladom úspešnej **realizácie experimentu**

- **Zásada eliminácie**
- **Zásada algoritmizácie**
- **Zásada kontrolných meraní.**
- **Zásada nemennosti overeného experimentálneho reťazca.**
- **Zásada komplexnej dokumentácie merania.**

V procese realizácie overovacieho, ale hlavne vlastného merania, je nutné dodržiavať zásady, ktoré vyplývajú z dlhodobých skúseností experimentátorov a ktoré sú nutným predpokladom úspešnej **realizácie experimentu**.

Zásada eliminácie rušivých vplyvov na experiment. Pri každom experimente pôsobí rad nežiaducich vplyvov, ktoré môžu skresliť, alebo dokonca aj znehodnotiť výsledky experimentu. Vedľajšie vplyvy je preto nutné odstrániť alebo v dostatočnej miere eliminovať.

Nežiaduce vplyvy môžu mať charakter:

vonkajších vplyvov (atmosférické podmienky – teplota, vlhkosť, kmitanie),
vnútorných vplyvov (teplotné pole, magnetické a elektrické pole vytvárané agregátmi skúšobných zariadení),
ľudského faktora.

Medzi najpoužívanejšie **spôsoby eliminácie** týchto vplyvov patrí:

izolácia zariadenia kvôli nežiaducim vplyvom (experiment realizovať v uzavretých priestoroch izolovaných od vstupu nežiaducich osôb a od vplyvu nežiaducich klimatických podmienok, pokiaľ práve oni nie sú predmetom experimentálneho skúmania,
použitie kompenzačných alebo vyvažovacích zariadení na elimináciu vedľajších vplyvov (napr. teplotná kompenzácia pri tenzometrických meraniach),
priebežné meranie vedľajších vplyvov s následnou korekciou meraných veličín (napr. korekcia na barometrický tlak),
udržovanie konštantných podmienok merania umelým spôsobom.

Zásada algoritmizácie experimentálnych činností. Pred vlastnou realizáciou experimentu by mala byť vypracovaná náplň, spôsob a postupnosť vykonávania všetkých operácií, ktoré sa majú v priebehu experimentu realizovať. Postupnosť musí mať rezultatívny charakter a je nutná z týchto dôvodov:

aby sa do procesu experimentu nevnášali neodôvodnené, nepremyslené, unáhlené, resp. chybné zásahy,
aby experiment bol realizovaný aj v prípade, keď v priebehu alebo pred začiatkom jeho realizácie nastane zmena v personálnom obsadení,
aby sa stala súčasťou dokumentácie o experimente,
aby bola zaručená reprodukovateľnosť experimentu z hľadiska postupu činností.

Zásada kontrolných meraní. Kontrolné merania by sa mali vykonávať po každom zásahu do experimentálneho reťazca.

Zásada nemennosti overeného experimentálneho reťazca. Ak sme kontrolným meraním overili, že určitá zostava experimentálneho reťazca spĺňa požiadavky z hľadiska cieľa experimentu, nemali by sa na nej vykonávať žiadne vopred neoverené úpravy a doplnky, aj keď sa zdajú byť triviálne. Skúsenosti ukazujú, že hlavne pri zložitejších reťazcoch je obťažné vopred si domyslieť všetky dôsledky úprav a že v mnohých prípadoch je možné dodatočnými zásahmi znehodnotiť inak dobre pripravený experiment. Túto zásadu nemožno chápať dogmaticky. Výsledky overovacích meraní môžu ukázať, že je nutné napr. vykonať korekciu v zostave experimentálneho reťazca, resp. ho prispôsobiť z hľadiska dosiahnutia vyšších presností meraní, vyšších rýchlostí zberu dát a pod. Potom je nutné realizovať úpravu reťazca a vykonať nové kontrolné meranie.

Zásada komplexnej dokumentácie merania. Celý proces merania je nutné dokumentovať. Dlhodobé skúsenosti experimentátorov poukazujú na to, že z hľadiska potreby a dôslednosti dokumentácie je vhodné vychádzať z prehnaného výroku „dnes meriam, zajtra o meraní nič neviem, ale všetko mám zapísané.“

Dokumentácia má mať formu podľa úrovne prostriedkov, ktoré sú pre zachovanie informácií o experimente v danej etape vývoja k dispozícii – od prevádzkového denníka až po pamäť počítača. Nutné je dokumentovať predovšetkým tieto údaje:

dátum, čas začiatku a konca merania, miesto realizácie merania, zoznam zúčastnených osôb a formu ich účasti na meraní,
technické údaje o prvkoch experimentálneho reťazca a jeho schému,
schému rozmiestnenia meracích snímačov s číselným označením,
komplexné údaje o zaťažovaní,
meracie rozsahy prístrojov,
kalibračné jednotky,
korekčné súčinitele,
fotodokumentáciu merania,
údaje o použití experimentálneho softvéru,
všetky ďalšie okolnosti experimentu, mimoriadne javy pri meraní a pod..

Snímka 27

Spracovanie výsledkov merania

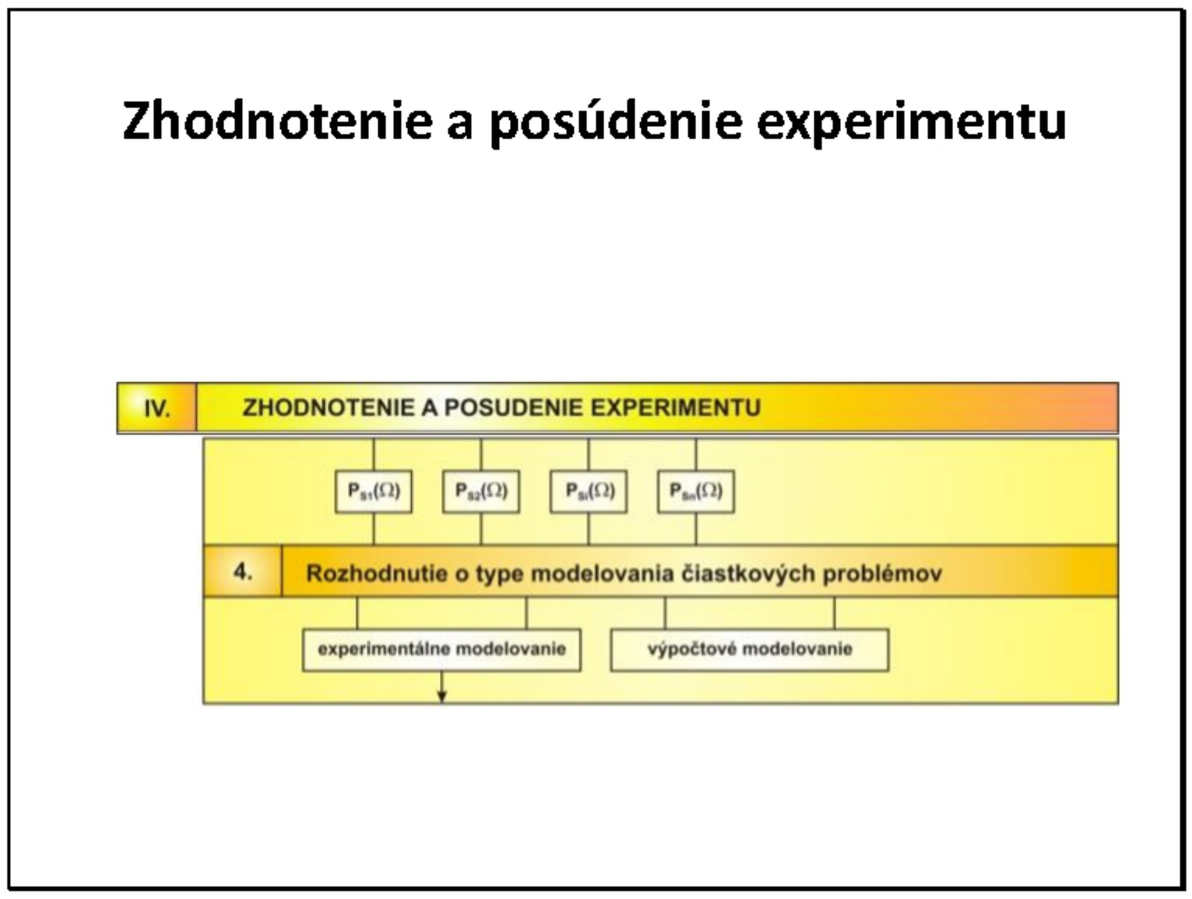
III. SPRACOVANIE VÝSLEDKOV MERANIA

Pri spracovávaní výsledkov dosiahnutých v realizačnej fáze merania je potrebné brať do úvahy:

- získanie požadovaných veličín,
- odhalenie chybných údajov,
- získanie objektivizovaných údajov,
- nájdenie súvislosti,
- ich predloženie v tvare vhodnom pre vytvorenie predstáv a pre ďalšie využitie.

Ide zväčša o výpočtové spracovanie založené na odborných a matematických teóriách a algoritmoch. Pri súčasných experimentoch sa výsledky spracovávajú na počítačoch pomocou využitia rôznych technických a programových prostriedkov (farebná grafika, plotre, rôzne štatistické procedúry, databázové systémy a pod.).

Snímka 28



Každý experiment na úrovni a každý experiment, ktorý je súčasťou modelovania, by sa nemal nikdy končiť odovzdaním nameraných alebo len formálne spracovaných výsledkov. Mal by sa vždy končiť vecným zhodnotením, ktorého výsledkom je nové poznanie, formulovanie hypotézy, formulovaný nový problém alebo zrejmý príspevok pri riešení nadradeného problému s technicko-ekonomickým hodnotením. Vecné hodnotenie má charakter tvorivej činnosti s údajmi, znalosťami a skúsenosťami získanými pri experimente.

Snímka 29

ÚLOHA EXPERIMENTU V TECHNICKEJ PRAXI

Experiment v technickej praxi musí byť **užitočný**, **efektívny**, **musí viesť k záverom**, **ktoré sú podkladom pre riešenie problému**, musí byť realizovaný v dobe, keď je potrebný a pri existencii nadradených, obmedzujúcich podmienok.

V dnešnej dobe si technickú prax nemôžeme predstaviť bez výpočtov, ale ani bez experimentov. Na rozdiel od bežných a iných vymedzených typov experimentov má experiment v technickej praxi rad zvláštností odborného a všeobecného charakteru, čo platí aj pre experiment v priemyselnom inžinierstve. Experiment v technickej praxi musí byť **užitočný**, **efektívny**, **musí viesť k záverom**, **ktoré sú podkladom pre riešenie problému**, musí byť realizovaný v dobe, keď je potrebný a pri existencii nadradených, obmedzujúcich podmienok. K realizácii sa musí pristupovať zodpovedne, pretože na základe výsledku sa napríklad rozhoduje:
či technický problém bude vyriešený, na akej úrovni a s akými dôsledkami,
či technický projekt bude odovzdaný a predaný zákazníkovi (či je experiment súčasťou prototypových skúšok) a či bude schopný realizácie,
aká bude úroveň výpočtu ako podkladu pre tvorbu technického diela (či sa experimentálne zisťujú vstupy do výpočtov),
aká bude úroveň riadenia rôznych procesov a technických činností (či plní experiment riadiacu funkciu).
Z technickej praxe vyplýva, že experiment nemôže byť formálnou záležitosťou. Študent strojníckej (vo všeobecnosti akejkoľvek technickej) fakulty by mal mať predstavu o tom, aký je široký záber problémov, ktoré rieši súčasné strojné inžinierstvo. Na úrovni základného (prvostupňového) a ani špecializovaného (druhostupňového a treťostupňového) štúdia nie je možné preberať jednotlivé odborne orientované aplikačné sféry experimentu v inžinierskej praxi. V ďalšej časti výkladu sa budeme stručne zaoberať sférou aplikácie a detailnejšie sa zameriame na mechaniku.

Snímka 30

Sféry aplikácie experimentu

- **Tvorba technických objektov**
- **Experiment ako prostriedok riadenia**
- **Experiment ako zdroj údajov pre databázy**

K všeobecným sféram aplikácie experimentu patria tri oblasti, ktoré uvedieme v nasledujúcom.

Tvorba technických objektov

Experiment plní pri návrhu technických objektov rôzne funkcie, ktoré je možné zhrnúť do týchto bodov:
často je jediným prostriedkom k riešeniu problému v prípadoch, keď neexistuje teória pre riešenie problému, alebo nie je realizovateľná, resp. experimentálny prístup je efektívnejší ako prístup výpočtový (výstupný experiment),
je prostriedkom k overeniu pravdivosti teórie (formulačný experiment),
je prostriedkom pre konfrontáciu a verifikáciu výsledkov získaných výpočtom s výsledkami experimentálnymi (verifikačný experiment),
na základe experimentálnych poznatkov je možné vytvárať jednoduchšie výpočtové alebo aj experimentálne modely (vstupný experiment),
je prostriedkom k získavaniu vstupných údajov pre výpočtové algoritmy, ako priamych tak aj inverzných úloh (konkretizačný experiment),
je prostriedkom k identifikácii štruktúr objektu (identifikačný experiment).
Experiment neplní dôležitú funkciu iba v etape návrhu jednotlivých prvkov a celého technického objektu, ale aj v etapách záverečných. Patria sem experimenty vykonávané v rámci overovacích skúšok prvkov i celého technického objektu a v rámci garančných skúšok.

Experiment ako prostriedok riadenia

Jednou z oblastí, ktorá výrazne ovplyvňuje úroveň techniky, je oblasť riadenia. Táto oblasť v rôznych aplikačných sférach bola výrazne ovplyvnená zavedením počítačov umožňujúcich registráciu veľkého počtu údajov, ich rýchle spracovanie a vyhodnotenie. Počítače umožňujú, aby namerané veličiny po svojom vyhodnotení slúžili ako údaje pre riadenie v reálnom čase

v najrôznejších technických oblastiach. Experiment s riadiacou funkciou sa uplatňuje v chemických, technologických a materiálových procesoch. Zvláštnym prípadom riadiaceho experimentu je experiment optimalizačný, keď riadenie prebieha s cieľom optimalizovať určitú technickú činnosť.

Experiment ako zdroj údajov pre databázy

Jednou z podmienok realizácie výpočtov, či už v rámci výpočtového modelovania alebo pri vyhodnocovaní výsledkov meraní, je existencia vstupných údajov do výpočtových algoritmov. Pre dnešnú počítačovú dobu je charakteristické, že tieto údaje sa zhromažďujú v databázach, ktoré sú podmienkou úspešného nasadenia počítačov v rámci počítačovej podpory inžinierstva. Jedným zo zdrojov týchto dát je experiment, ktorým sa zisťujú údaje do zásoby. Zisťujú sa napr. materiálové charakteristiky, súčinitele prestupov tepla, súčinitele odporu pri obtekaní telies a pod.

Snímka 31

TEÓRIA EXPERIMENTU

Jedným z **najdôležitejších faktorov**, ktoré odlišujú experiment od pokusov, je jeho **teoretický základ**.

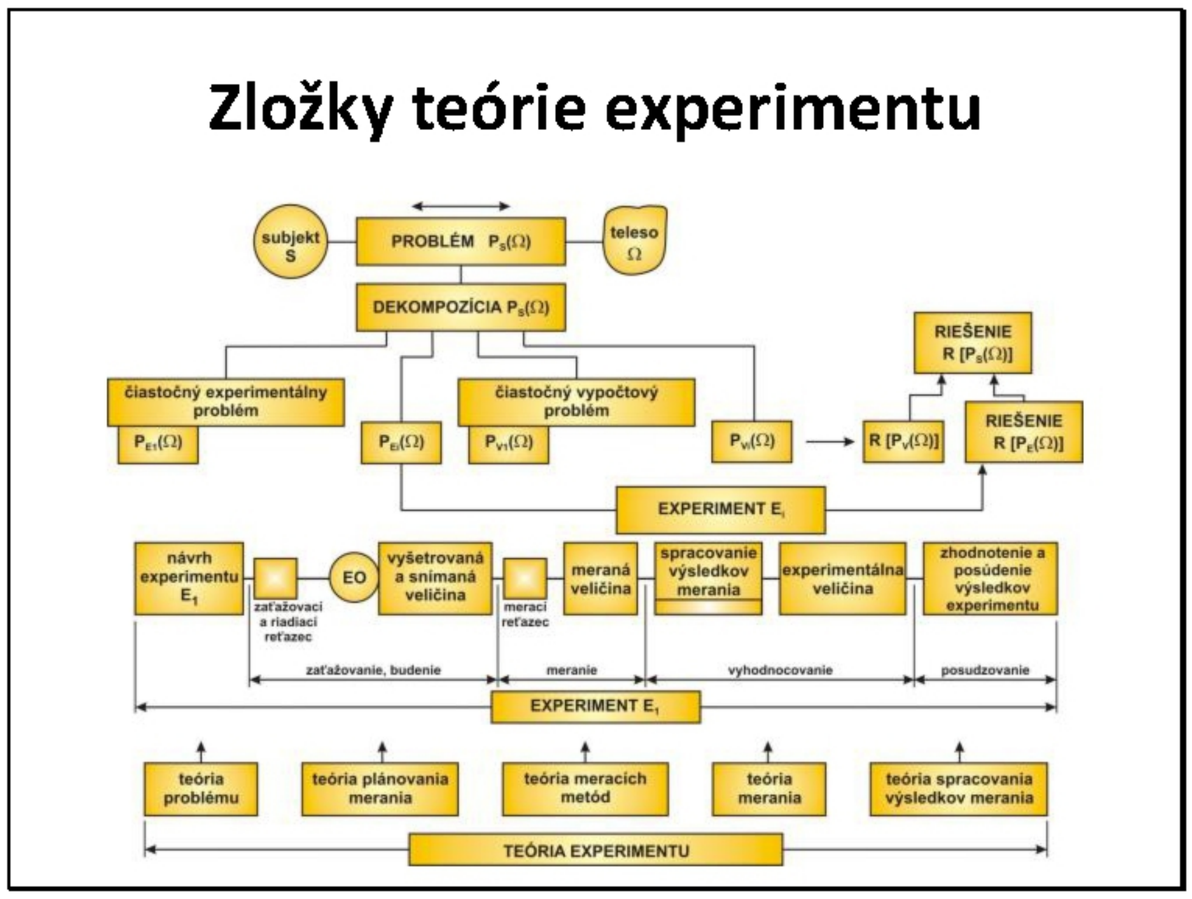
Preto aj jeho **teoretický základ**, ktorý nazývame **teória experimentu**, zahŕňa celý **rad teórií**. Môžeme ich rozdeliť do týchto skupín:

- teória problému,
- teória plánovania merania,
- teória meracích metód,
- teória merania,
- teória spracovania výsledkov meraní.

Zatiaľ čo pokus je založený prevažne na intuícii a skúsenosti, v experimente sa rovnako významným stáva účelné a zdôvodnené využitie teórií. Jej uplatnenie je predovšetkým vo fáze návrhu experimentu a fáze spracovania výsledkov. Cieľom je dosiahnuť, aby experiment nebol jednoduchým procesom „pokus – omyl“, s výrazným prvkom náhodnosti v stratégii návrhu merania a prvkami subjektivizmu pri spracovaní výsledkov meraní.
Z predchádzajúceho výkladu je zrejmé, že experiment je zložitou sústavou činností.

Vzniká tak veľmi široká teoretická oblasť, ktorej výklad je obsahom celého radu samostatných špecializovaných publikácií. Teoretický základ experimentu by mal prispieť k tomu, aby pracovníci z oblasti výpočtového modelovania nevideli v experimentoch iba vlastné meranie alebo len pokus, ale aby boli schopní na úrovni komunikovať o riešení spoločného problému.
Vo výpočtovom modelovaní má experiment aktuálnu absenciu. Väčšie sú však nároky na experimentálnu sféru, ktorá vychádza z týchto predpokladov:
rad experimentálnych výsledkov súčasnosti bude tvoriť vstupy do výpočtov budúcnosti,
výsledky dnešných výpočtov v rámci výpočtového modelovania musia byť podkladom zajtrajších úvah o experimente budúcnosti.
Sú kladené aj zvýšené nároky na výpočtovú sféru, ktorá musí byť schopná:
posúdiť úroveň predchádzajúcich výsledkov experimentov, ktoré majú byť využité vo výpočtoch,
pri koncipovaní výpočtového modelu formulovať reálne a jasné požiadavky na experiment, ktorý bude výpočet verifikovať.

Snímka 32



Stručná charakteristika jednotlivých teórií, ktoré tvoria teóriu experimentu. Ich zaradenie do procesu experimentu je schematicky znázornené na obrázku.

V nasledujúcom si budeme charakterizovať jednotlivé teórie

Snímka 33

Teórie experimentu

- **Teória problému**
- **Teória plánovania merania**
- **Teória meracích metód**
- **Teória merania**
- **Teória spracovania výsledkov merania**

Teória problému

Pri experimente sa musí vychádzať z **teoretického modelu** riešeného problému odvodeného z vypracovanej a použiteľnej teórie. Je základom pre prípravu experimentu a interpretáciu výsledkov. Teória problému sa netýka experimentu z hľadiska jeho uskutočňovania. Je však základom z hľadiska dosiahnutia cieľa. Teória problému môže mať rôzne odborné zameranie a úroveň. Z hľadiska experimentu sa požaduje, aby teória bola zvládnutá na takej úrovni, akú si vyžaduje experiment.

Teória plánovania merania

Prechod od intuitívnej prípravy stratégie merania k intuitívno-logicko-matematickej príprave stratégie merania bol vynútený objektívnymi potrebami praxe. V dvadsiatych rokoch minulého storočia to boli požiadavky agrobiologickej sféry na zvýšenie vierohodnosti experimentálne získaných poznatkov, v päťdesiatych rokoch zavedenie hromadnej výroby a v dnešnej dobe narastajúce zložitosti experimentov a súčasne zväčšujúca sa časová a finančná náročnosť na ich realizáciu spolu so zvýšenými požiadavkami na presnosť ich vstupov v súvislosti s potrebami výpočtového modelovania.

Plánovanie a meranie zahrňuje hlavne tieto činnosti:
návrh a počet jednotlivých vstupov merania,
návrh počtu opakovaných meraní pri každej hodnote jednotlivých vstupov meraní tak, aby boli splnené určité kritériá optimálnosti merania.

Tieto kritériá vyjadrujú formalizovaným spôsobom predstavy o „dobrom meraní“ z hľadiska riešenia problému. Dôležité je uvedomiť si, že plánovanie merania nemôže samo o sebe

zlepšiť fyzikálny význam matematického vyjadrenia chovania objektu, môže iba zlepšiť štatistické charakteristiky súboru nameraných hodnôt. Plánovanie merania je podmienené voľbou štruktúry matematického opisu chovania, ktoré ovplyvňuje plán meraní.
Pre plánovanie merania je charakteristický vysoký stupeň formalizácie. Musí sa vychádzať zo správneho logického rozboru, čo chceme dosiahnuť z hľadiska štatistických charakteristík (minimálny rozptyl parametrov, nezávislosť ich odhadov a pod.). Ak je jasný cieľ, potom sa činnosť redukuje na plánovanie pri splnení určitého kritéria.
Význam plánovania merania možno stručne zhrnúť na vytvorenie takých podmienok, aby rozsah experimentu na jednej strane (z ekonomických dôvodov čo najmenší), objem, forma a úroveň získaných informácií pre riešenie problému na druhej strane (primerané a najkvalitnejšie) boli v optimálnych reláciách.

Teória meracích metód

Teória sa týka fyzikálnych javov, ktoré sa využívajú pri meraní. Predstavuje súbor ucelených a overených poznatkov o **podstate fyzikálneho javu**, s využitím ktorého je možné experimentálne stanoviť určitú fyzikálnu veličinu. Napr. pre fotoelasticimetriu je to teória polarizovaného svetla ako aj teória zmeny optickej izotrópie a anizotrópie, pri materiáloch s deformačným alebo teplotným zaťažením. Pri akustickej emisii je to teória vzniku napäťových vĺn pri zmenách štruktúr v materiáli.
Teória meracích metód má z hľadiska dôležitosti medzi ostatnými zložkami teórie experimentu prioritné postavenie, pretože v prvom rade musí byť teoreticky rozpracovaná z hľadiska princípu a potreby merania veličiny a až v druhom rade je možné uvažovať o plánovaní a vyhodnotení meraní.
Výberu metódy merania je nutné venovať veľkú pozornosť, pretože nevhodne vybranú experimentálnu metódu nevylepší ani najlepšie plánované meranie a spracovanie jeho výsledkov. Výber metódy musí byť posudzovaný z mnohých aspektov a znamená kompromisné riešenie z hľadiska cieľa riešenia, podmienok v ktorých sa má experiment realizovať, časových a finančných kritérií.

Pre výber experimentálnej metódy môžeme formulovať tieto zásady:
Zásada úrovňovej vyváženosti znamená, že úroveň meracej metódy musí byť úrovňovo vyvážená nielen s úrovňou ostatných etáp experimentu, ale so všetkými etapami modelovania, ktorých súčasťou je experiment. To znamená, že úroveň experimentálnych veličín musí byť taká, aby výstupy experimentu viedli k riešeniu problému v požadovanej miere. Porušenie tejto zásady znamená buď zníženie úrovne riešenia problému, alebo zbytočné zvýšenie finančnej a časovej náročnosti experimentu.
Zásada využitia optimálnych vlastností a možností meracej metódy znamená, že nie je potrebné voliť zbytočne presnú metódu, alebo naopak žiadať od metódy viac než „môže dosiahnuť“.
Zásada vhodnej kombinácie experimentálnych metód z hľadiska ich optimálnych možností. Výber meracej metódy pre riešenie daného problému prislúcha vždy experimentátorovi, ktorý musí mať o jednotlivých metódach vo svojom odbore široký prehľad. Dodržiavať uvedené zásady pri ich výbere môže však iba v súčinnosti s ostatnými členmi riešiteľského tímu, ak má byť riešenie problému efektívne a na požadovanej úrovni. Preto aj riešiteľský tím vykonávajúci výpočtovú časť musí mať aspoň základný prehľad o existujúcich meracích metódach v odbore, o ich možnostiach, dosahovaných presnostiach meraných veličín a pod.

V odbornej literatúre je zvykom členiť meracie metódy na priame a nepriame

Metóda priama je metóda, pri ktorej meriame hodnotu fyzikálnej veličiny na základe jej definície. K priamym metódam patrí napr. meranie hmotnosti pomocou rovnoramenných váh alebo meranie dĺžky pomocou deleného pravítka.
Nepriame metódy sú všetky ostatné metódy, ktoré vychádzajú pri meraní zo vzťahov iných než definičných. Sú to teda metódy, keď hodnota meranej veličiny sa získa meraním veličín funkčne viazaných s meranou veličinou.

Nepriamou metódou je napr. meranie teploty odporovým teplomerom.

V literatúre o terminológii v metrológii sú ďalej uvádzané tieto druhy meracích metód:
Diferenčná meracia metóda spočívajúca v porovnávaní meranej veličiny s veličinou známej hodnoty toho istého druhu, málo sa líšiacej od hodnoty meranej veličiny, pričom sa určuje rozdiel medzi nimi. Príkladom môže byť porovnávanie dĺžok pomocou komparátora.
Nulová meracia metóda (kompenzačná metóda), ktorou sa hodnota meranej veličiny stanovuje pri rovnováhe dosiahnutej nastavením jednej alebo viacerých veličín známych hodnôt viazaných známym vzťahom pri rovnováhe. Meraná a nastavovaná veličina môžu byť rozdielnej hodnoty. Môžeme sem zaradiť napr. meranie elektrickej impedancie mostíkom a nulovým galvanomerom.
Komparačná meracia metóda priamo porovnáva meranú veličinu s veličinou toho istého druhu, ktorej hodnota je známa. Ako príklad môže slúžiť meranie dĺžky pomocou deleného pravítka.
Substitučná meracia metóda, pri ktorej je meraná veličina nahradzovaná veličinou toho istého druhu známej hodnoty vyhľadaná tak, aby javy vyvolané na indikačnom zariadení boli rovnaké. Patrí sem napr. určovanie hmotnosti pomocou váh a závaží so známou vyznačenou hodnotou hmotnosti.

Teória merania

Realizácia experimentu vyžaduje určité materiálne prvky zoradené a prepojené tak, aby slúžili k dosiahnutiu cieľa sledovaného experimentom. Tieto cieľavedome zoradené a prepojené prvky sú označované ako **reťazce**. Ich usporiadanie a prenos informácií v nich sa nazýva **meranie**.
V súčasnom poňatí možno hovoriť o experimentálnom reťazci ako o sústave materiálnych prvkov, ktoré tvoria hardvér experimentu a obsahujú:
funkčné prvky - umožňujú vytvoriť v sledovanom objekte stav, ktorého vymedzené prejavy chceme zisťovať,
meracie prvky (snímače) - meracie prístroje a komunikačné prostriedky, ktoré umožňujú registrovať merané vlastnosti a ako informácie ich sledovať,
riadiace prvky - umožňujú riadiť celý priebeh ovplyvňovania objektu a získavania informácií o jeho chovaní a prejave,
referenčné prvky - umožňujú spracovanie informácií o výsledku pozorovania,
vyhodnocovacie prvky - umožňujú získať z nameraných informácií informácie požadované, ktorých získanie je cieľom experimentu.
Hardvér experimentu má teda časť funkčnú, meraciu, riadiacu, referenčnú a vyhodnocovaciu a tomu odpovedajúce typy reťazcov. Zatiaľ čo funkčná časť má charakter látkovo energetický

(stroje a zariadenia), ostatné časti majú charakter informačný (prenos, spracovanie a uchovanie informácií) a v súčasnosti je v nich dominantná elektronika a počítače.
Metodika návrhu hardvéru experimentu, je vo všeobecných rysoch zhodná s návrhom iných technických diel. Je to tvorivá inžinierska činnosť, ktorá prestáva mať v súčasnosti intuitívny charakter a stáva sa z nej vedecká disciplína. Pri návrhu a realizácii hardvéru experimentu sa musia rešpektovať hlavne tieto zásady:
Zásada vyváženosti neistôt prístrojov možností, presnosti, rýchlosti operácií a pod. vo vnútri aj medzi jednotlivými reťazcami. Napr. by mal byť súlad medzi presnosťou snímačov a presnosťou prístrojov.

Ak bude meranie trvať jeden deň a vyhodnocovanie merania mesiace, potom vzniká nesúlad medzi úrovňou meracieho a vyhodnocovacieho reťazca.

Zásada použitia postupov potlačenia chýb, keďže vznik chýb pri meraní je zákonitý. Zákonitosti sú spoločné pre všetky ľudské činnosti.

Zásada prístupnosti a vymeniteľnosti pri prvkoch experimentálneho reťazca je nevyhnutná hlavne z hľadiska skrátenia stratových časov pri poruchách. Tomuto princípu vyhovujú experimentálne reťazce s modulovým usporiadaním prvkov.
Zásada filtrácie – eliminácia nežiaducich vplyvov v experimentálnom reťazci a mimo neho pri realizácii experimentu –problematika izolácií, kompenzácií, ktoré je nutné pri návrhu a realizácii prvkov experimentálneho reťazca brať do úvahy, ak nemá nastať znehodnotenie výstupov experimentu. Dôležitá je tiež minimalizácia nežiaduceho subjektívneho ovplyvňovania činností v procese experimentu.

Zásada ergonómie, t. j. experimentálny reťazec by mal byť usporiadaný tak, aby boli vytvorené pracovné podmienky vhodné pre riadenie a sledovanie experimentu subjektom (panelové usporiadanie ovládacích a registračných prvkov vo velíne s odpovedajúcimi zvukovými, teplotnými a svetelnými podmienkami).
Zásada bezpečnosti práce obsluhujúceho personálu a zabezpečovanie proti poškodeniu a odcudzeniu prvkov experimentálneho reťazca.
Zásada interaktívnosti, čiže experimentálny reťazec by mal umožňovať priebežné sledovanie a možnosť zásahu do priebehu experimentu.

Teória spracovania výsledkov merania

Spracovanie výsledkov meraní do tvarov výstupov experimentu je jednou z činností, ktoré vykonávajú tímy experimentátorov v rámci overovania a realizačnej fázy experimentu. Táto činnosť úzko súvisí s návrhovou časťou experimentu v rámci plánovania meraní, ktorá je spolu s ňou najviac ovplyvnená nasadením počítačov. Táto skutočnosť si vyžiadala nielen nový prístup experimentátora k experimentu, ale je aj jedným so spojovníkov, ktoré prispievajú k súčasnému nutnému prepojeniu medzi experimentátormi a výpočtármi.
Špecifikom experimentov realizovaných na reálnych modelových objektoch v reálnych podmienkach na rozdiel od výpočtov je skutočnosť, že sa nedajú explicitne vyjadriť a formulovať všetky podmienky, pri ktorých experiment prebieha. Nepodstatné okolnosti pri jednom experimente môžu byť podstatné pri druhom, nedá sa však vylúčiť vplyv známych a neznámych parazitných javov. Ak má experiment aj za týchto okolností poskytnúť

objektivizované výsledky meraní, musia sa formy jeho realizácie odlišovať od foriem realizácie výpočtu predovšetkým z týchto dôvodov:
merania sa opakujú na zdanlivo rovnakých (riadené a sledované vstupy), ale v skutočnosti rozdielnych (neznáme a nesledované vstupy do merania) podmienkach,
výsledky meraní sa spracovávajú matematickými štatistickými metódami poskytujúcimi v rámci svojich možností objektivizáciu výsledkov,
výsledky experimentov sa verifikujú.
K spracovaniu výsledkov pozorovaní a meraní dnes existujú rôzne prístupy, veľké množstvá rôznych teórií, metód a algoritmov. Sú členené podľa formy, množstva a typov meraných veličín.

Snímka 34

Zásady pre výber experimentálnej metódy

1.	PREVÁDZKOVÉ HĽADISKO	2.	SPÔSOB ZAŤAŽENIA
	• meranie na modeli, • meranie na stroji v laboratóriu, • meranie na stroji v prevádzke,		• zaťaženie statické, • zaťaženie dynamické so statickou zložkou, • zaťaženie rázom,
3.	SPÔSOB POZOROVANIA	4.	ROZSAH INFORMÁCIE
	• možnosť odčítať priamo na meranom mieste, • možnosť diaľkového odčítania, • meranie na pohybujúcich sa predmetoch (bezdrôtové spojenie),		• v jednotlivých bodoch telesa, • na celom povrchu telesa, • v celom objeme telesa,
5.	KVALITA INFORMÁCIE	6.	TEPLOTNÉ PODMIENKY
	• hrubá orientácia, • kvalitatívne výsledky, • kvantitatívne výsledky,		• pri normálnych teplotách, • pri zvýšených alebo znížených teplotách, • pri premenných teplotách,
7.	ČASOVÉ PODMIENKY	8.	OBLASŤ MERANIA
	• meranie možné ihneď po zaťažení, • meranie dlhodobé, • meranie vo veľmi krátkych časových intervaloch,		• v oblasti pružných deformácií, • v oblasti plastických deformácií, • do porušenia.

Snímka 35

Spracovanie výsledkov merania
Chyby a ich klasifikácia

Snímka 36

SPRACOVANIE VÝSLEDKOV MERANIA A PLÁNOVANIE EXPERIMENTU

Spracovanie merania je 3.etapou realizácie experimentu a nasleduje po etape vlastného merania.

Meranie by malo byť organizované tak, aby jeho rozsah a z neho získané informácie boli v optimálnych reláciách. Touto problematikou sa zaoberá plánovanie experimentu. Jeho metodika, rovnako ako metodika spracovania výsledkov merania, súvisí s typom systému vytváraným na experimentálnom objekte z hľadiska riešeného problému.

Plánovanie merania a jeho spracovania spolu súvisí prostredníctvom typu systému a nie je ho možné riešiť izolovane.

Snímka 37

Tvorba systému na experimentálnom objekte

Snímka 38

Úlohou spracovania výsledkov merania je:

- získanie požadovaných experimentálnych veličín v tvare vhodnom pre ich ďalšie použitie pri riešení problému objektu,
- nájdenie súvislostí medzi vstupnými veličinami charakterizujúcimi pôsobenie na experimentálny objekt a výstupnými (experimentálnymi, meranými) veličinami, charakterizujúce správanie a prejavy experimentálneho objektu,
- odhalenie chybných výsledkov merania,
- objektivizácia výsledkov merania pomocou matematickej štatistiky a teórie pravdepodobnosti.

Snímka 39

Vo všeobecnosti je známe, že spracovanie výsledkov merania a plánovanie merania sú náročné disciplíny a ich realizácia na vysokej úrovni vyžaduje komplexné poznatky predovšetkým o týchto faktoroch:

- problematika merania,
- ciele merania a experimentu,
- prístupy,
- metódy o algoritmoch pre spracovanie a plánovanie experimentu,
- schopnosť tieto algoritmy realizovať (v súčasnosti na počítačoch),
- schopnosť kriticky posúdiť výsledky merania.

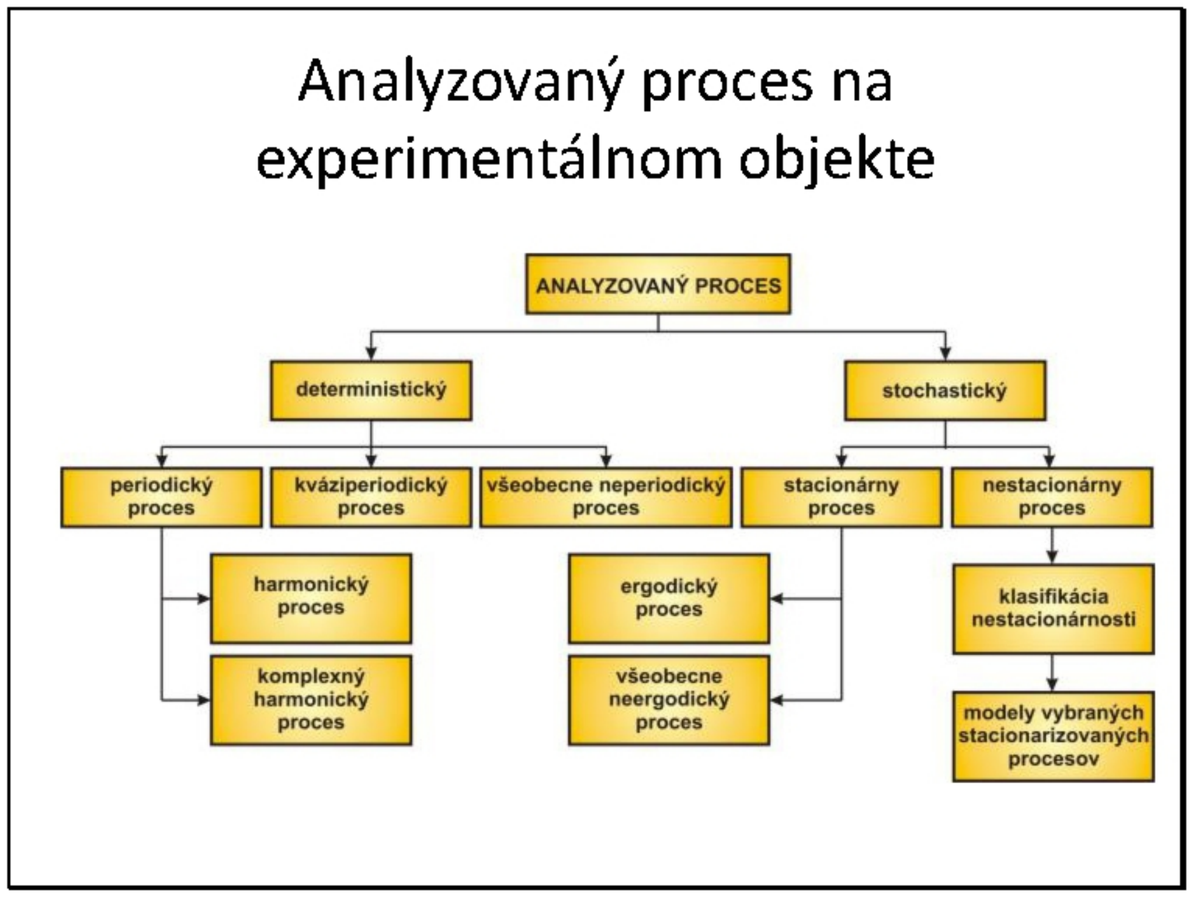
Je zrejmé, že pri zložitých meraniach a pri riešení zložitých problémov je veľmi obťažné, aby uvedené poznatky a schopností boli koncentrované v jednej osobe.

Snímka 40

Ďalšie príčiny náročnosti spracovania výsledkov merania a jeho plánovania vyplývajú z týchto skutočností:

- spektrum procesov, ktoré sa experimentálne vyšetrujú, je veľmi rôznorodé,
- merané veličiny sú náhodnými veličinami z týchto dôvodov:
  - nedosiahnuteľnosť zmien podmienok merania (rušivé vplyvy okolitého prostredia experimentálneho objektu, od meracích prístrojov, od človeka realizujúceho merania a pod.),
  - nedokonalosť meracích metód a meracích prístrojov,
  - náhodná povaha vyšetrovanej veličiny (napr. mechanické vlastnosti materiálu, deformácia konštrukcie ako odozvy na náhodný charakter zaťažovania a i.),
  - objekt merania nepoznáme, ide o informáciu, ktorú zisťujeme.
- vstupné a výstupné veličiny môžu byť:
- diskrétne,
- spojité.
- V niektorých prípadoch je obťažné rozlíšiť vstupné a výstupné veličiny. Preto sa dnes vyvíjajú metódy, pri ktorých sa všetky veličiny posudzujú rovnako.
- Vstupné interakcie vyjadrené vstupnými veličinami môžu mať rôzny charakter, môžu byť sledované a neriadené (ide o tzv. pasívne experimenty, keď nie je možné plánovať meranie) alebo sledované a riadené.

Snímka 41



Špecifikom experimentov, realizovaných na reálnych modelových objektoch pri reálnych podmienkach na rozdiel od výpočtov je skutočnosť, že nie je možné explicitne vyjadriť a formalizovať všetky podmienky, za akých experiment prebieha. Nepodstatné okolnosti pri jednom experimente môžu byť podstatné pri druhom. Nie je možné vylúčiť vplyv známych i neznámych parazitných javov.

Snímka 42

Ak má experiment aj za týchto okolností poskytnúť objektivizované výsledky merania, musia sa formy jeho realizácie odlišovať od foriem realizácie výpočtu. Je to hlavne z týchto dôvodov:

- merania sa opakujú pri zdanlivo rovnakých (riadené a sledované vstupy), ale v skutočnosti rozdielnych (neznáme a nesledované vstupy do merania) podmienkach,
- výsledky merania sa spracovávajú štatistickými metódami poskytujúcimi v rámci svojich možností objektivizáciu výsledkov,
- výsledky experimentov sa verifikujú.

Snímka 43

Pre spracovanie výsledkov merania je v súčasnosti k dispozícii veľké množstvo rôznych teórií, metód, algoritmov a programov členených podľa týchto kritérií:

- spracovávanie súboru nameraných veličín do jednej veličiny s pravdepodobnostným charakterom,
- vyšetrenie stupňa závislosti jednej veličiny od druhej,
- vyšetrenie charakteru závislosti jednej veličiny od množiny iných veličín, pričom typ metódy závisí od toho, či sú experimentálne veličiny spojité, diskrétne, kombinované z týchto typov,
- náhodné procesy.

Snímka 44

Z hľadiska riešeného problému je žiaduce experimentálne stanoviť veličinu priradenú určitému prejavu objektu, pričom pre túto veličinu nie je podstatná jej závislosť od iných parametrov (čas, poloha, jej príčina). Táto veličina môže mať charakter:

- **spojitý** - existuje teoretická možnosť realizácie **limitného experimentu** s neohraničenou rozlíšiteľnosťou a neohraničeným počtom meraní, ktorý vedie k spojitej množine nameraných veličín. Každý reálny experiment (s konečným počtom meraní a konečnou rozlíšiteľnosťou) vedie k množine nespojitých veličín. Intervaly časovej diskretizácie sú určené dobou merania. Počet rozlíšiteľných úrovní je určený pomerom rozsahu a neistoty merania;
- **diskrétny** – množina nameraných veličín je nespojitá vždy, a to aj pri limitnom experimente.

Problematikou ako zo súboru nameraných veličín (charakterizujúce prejav objektu) určiť jej pravdepodobnú hodnotu, sa zaoberá matematická štatistika a teória pravdepodobnosti. Je vypracovaná teória rozdelenia náhodných veličín. Kvantitatívne je neurčitosť hodnoty náhodnej veličiny opísaná jednoznačne tzv. distribučnou funkciou alebo hustotou pravdepodobnosti, resp. charakteristikami náhodnej veličiny (stredná hodnota, meridián, rozptyl, smerodajná odchýlka, koeficient šikmosti, hranatosti, kvantily a pod.). V súčasnosti je k dispozícii teória celého radu rozdelenia pre náhodné spojité veličiny (Gaussove, exponenciálne, gama, Weibullove a i.) a pre veličiny diskrétne (geometrické, Poissonove, binomické a i.). Počítače sú vybavené ucelenými programovými systémami najrôznejších štatistických metód.

Opakovanými meraniami v rámci experimentu sa získa súbor nameraných veličín, ktorý sa spracuje štatistickou metódou vybranou z celej štatistiky s ohľadom na riešenie problému. Podľa jeho charakteru treba urobiť tieto kroky:

stačí získať informáciu o parametroch základného súboru – v tomto prípade sa stanovujú tzv. bodové, resp. intervalové odhady parametrov (stredná hodnota, rozptyl) a parametrickými testami hypotéz sa verifikuje, či príslušný parameter je alebo nie je súčasťou tzv. konfidenčného intervalu.

je potrebná informácia o celom tvare distribučnej funkcie (napr. pri spoľahlivosti) – v tomto prípade sa testuje zhoda experimentálne stanovenej distribučnej funkcie s distribučnou funkciou určitého základného súboru pomocou tzv. neparametrických testov (testy dobrej zhody, napr. Pearsonov test, test Kolgomorova – Smirnovova a i.).

Snímka 45

Metódy pre spracovanie výsledkov merania, ktoré sú pre túto problematiku vypracované, možno rozdeliť podľa typov experimentálnych veličín:

- Vstupné veličiny sú spojité a deterministické. Výsledky merania sa v tomto prípade spracovávajú na základe teórie **regresnej analýzy pre deterministické** vstupy merania. Determinovanosť **vstupov merania** je nutné posudzovať z hľadiska veľkosti jeho náhodnej zložky vzhľadom k veľkosti zložky pri výstupe merania (ak je zložka pri vstupe merania oveľa menšia ako pri výstupe merania, možno vstup merania považovať za deterministický). Ako príklad možno uviesť problém určovania modulu pružnosti materiálu v závislosti od teploty, pretože pri teplotách možno predpokladať menší rozptyl hodnôt ako pri module pružnosti. Je to tzv. jednofaktoriálna úloha (jeden vstup merania). Za mnohofaktoriálnu úlohu možno považovať problematiku určovania materiálových charakteristík v závislosti od percentuálneho zloženia legujúcich prvkov.
- Vstupy merania sú veličiny spojité a náhodné. Teóriou pre spracovanie výsledkov merania je v tomto prípade regresná analýza pre vstupy merania s náhodným charakterom. Príkladom, kde by mala byť použitá regresná analýza, je určovanie deformácie v bode povrchu objektu pri jeho zaťažovaní hydraulickým zaťažujúcim zariadením.
- Vstupy merania sú veličiny diskrétne, a to číselné (kvantitatívne), logické (kvalitatívne) alebo ich kombinácia. Na spracovanie výsledkov merania sa v tomto prípade používa analýza rozptylu. Úlohou, ktorú by bolo vhodné riešiť s použitím tejto teórie je napr. problém určovania zvyškových napätí v závislosti od počtu popúšťaní (diskrétne číselná) a od spôsobu popúšťania (diskrétne logická).
- Vstupy merania sú kombináciou veličín diskrétnych (číselných, logických alebo kombinácia) a deterministických spojitých veličín. Pre tento prípad je pre spracovanie výsledkov merania vypracovaná **kovariančná analýza**.

Experimentálne sa vyšetruje veličina vyjadrujúca určitý prejav objektu, pre ktorý je podstatná závislosť od iných parametrov (ak je základná veličina závislá od času, hovorí sa o náhodných procesoch, ak je závislá od polohy, potom ide o náhodné pole). Náhodná veličina a jej argument (nezávisle premenná) môže byť spojitá alebo diskrétna. Základom pre spracovanie je **teória náhodných procesov**. Podobne ako v predchádzajúcom prípade sa zisťuje distribučná funkcia, výkonová spektrálna hustota pre stacionárne náhodné procesy, hustota pravdepodobnosti, korelačná funkcia, autokorelačná funkcia. Zisťujú sa východiskové predpoklady pre spracovanie náhodných procesov, a to ergodičnosť, stacionárnosť, homogenita. Dôležitou súčasťou je skúmanie problematiky nestacionárnych procesov, skúmajú sa podmienky, kde tieto javy možno skúmať ako stacionárne. Určujú sa štatistické charakteristiky a intervaly ich spoľahlivosti.
Z hľadiska riešeného problému je potrebné zistiť podstatné závislosti medzi veličinou charakterizujúcou prejav objektu a množinou veličín charakterizujúcich činnosti na objekte. Ak je pre túto množinu veličín charakteristická nepodstatná závislosť od iných argumentov (čas, poloha a i.), možno tieto argumenty vylúčiť a vyšetrovať iba závislosti medzi experimentálnymi vstupnými a výstupnými veličinami.

Snímka 46

CHYBY V PROCESE MERANIA A SPRACOVANIA VÝSLEDKOV

Odlišnosť chýb výpočtu a experimentu

Chybou rozumieme odchýlku meraného údaja od skutočnej hodnoty. K najčastejším patria:

- systematické chyby – poznateľné,
- náhodné chyby – zaradené k neistotám,
- hrubé chyby – chyby metódy.

Úlohou, kde by sa pri riešení použila táto teória, je napríklad určovanie materiálových charakteristík v závislosti od teploty (veličina spojitá deterministická) a od spôsobu tepelného spracovania (veličina diskrétne logická).
Uvedené prístupy a metódy spracovania výsledkov merania v spojení s metodikou plánovania merania budú detailnejšie analyzované v ďalšom texte. Problematika merania a jeho spracovania úzko súvisí s problematikou chýb merania. Tejto problematike je venovaná podkapitola 4.2.

Progresívnym prístupom k riešeniu súčasných problémov, a to nielen technických, je **komplexné modelovanie**, ktorého neoddeliteľnou súčasťou popri **skúsenostiach** a **intuícii** je **výpočet** a **experiment**. Komplexnosť prístupu k modelovaniu vyžaduje aj komplexný prístup k problematike chýb. Chyby vo výpočtoch a chyby v experimentoch sú izolovane preberané v celom rade monografií.

V tejto podkapitole sa zameriame na spoločné charakteristiky chýb výpočtov a experimentov, na ich odlišnosti a vzájomné väzby.
Skúsenosti s chybami pri práci s počítačom a skúsenosti experimentátorov s odstraňovaním chýb pri realizácii experimentov možno zhrnúť do týchto základných, všeobecne platných poznatkov:
Princíp zlučovania chýb vyjadruje, že chyby sa vyskytujú hromadne, obvykle s príčinnými súvislosťami. Znamená to, že ak je v priebehu výpočtu alebo experimentu zistená jedna chyba, potom existuje nenulová pravdepodobnosť výskytu chýb ďalších.
Pravdepodobnosť nájdenia chýb je menšia ako jedna, čo znamená, že chyba síce nemusí byť objavená, ale neexistuje stopercentná istota, že výsledok výpočtu alebo experimentu nie je zaťažený chybou, i keď mnohonásobnou realizáciou a overovaním nebola chyba zistená.
Pravdepodobnosť existencie chyby sa zväčšuje s rastom počtu už nájdených chýb.

Pravdepodobnosť nájdenia a lokalizácie chyby klesá so zložitosťou sústavy. V sústavách s väčšou zložitosťou (zložité algoritmy výpočtov, zložité experimentálne reťazce) možno očakávať väčší počet chýb než v sústavách jednoduchých.
Pri odstraňovaní chýb je potrebné hľadať nielen ich následky, ale hlavne ich príčiny.
Odstraňovanie chýb vo výpočte a v experimente je veľakrát náročnejšie než ich príprava a realizácia. Je napr. jednoduchšie zostaviť rozsiahly program pre počítač, ako ho odladiť.
Odstraňovanie chýb vo výpočtovom i experimentálnom modelovaní musí mať kontinuálny charakter a musí prebiehať súčasne so všetkými činnosťami patriacimi k riešeniu daného problému.
Odstraňovanie chýb je psychologicky podmienené. Patrí k prirodzeným vlastnostiam človeka, že nemá snahu dokazovať chyby vo svojej práci. Preto odladťovanie programov, rovnako ako overovanie merania, by mala vykonávať, alebo aspoň kontrolovať nezávislá osoba.

Snímka 47

Popri spoločných poznatkoch o chybách vo výpočtoch a experimentoch je nutné charakterizovať aj ich **podstatné rozdielnosti**. Výpočtový a experimentálny model vždy obsahuje:

- Modelový hardvér – pri výpočtovom modelovaní je dominantným prvkom počítač ako nástroj výpočtu, nástroj uchovávania a spracovávania informácií a nástroj riadenia iných prvkov modelového hardvéru. Pri experimentálnom modelovaní je modelový hardvér tvorený prvkami experimentálneho reťazca, ktorého súčasťou je v súčasnej dobe aj počítač.
- Modelový softvér – pri výpočtovom modelovaní ide o teóriu s prvkami hromadnosti, čo umožňuje využitie pri riešení celej rady problémov, pri experimentálnom modelovaní ide o čiastkové teórie experimentu.

Riešením problému modelovaním po vytvorení výpočtového, resp. experimentálneho modelu, je interakcia riešiteľa s výpočtovým alebo experimentálnym modelových hardvérom a softvérom. Príčiny vzniku chýb, ich typy a početnosť výskytu vo výpočtovom a experimentálnom modelovaní nie sú rovnaké, čo vyplýva z rozdielnosti podstaty, zložitosti a funkcie výpočtového, experimentálneho modelového hardvéru a modelového softvéru, ako aj z odlišnej funkcie riešiteľa v procese výpočtu a experimentu.

Snímka 48

Rozdielnosti v chybách z hľadiska rozdielnosti modelového hardvéru

- Výpočtový modelový hardvér je:
- **funkčne spoľahlivý** z hľadiska výskytu náhodných chýb. Tieto sú ľahko zistiteľné testovacími programami, ich početnosť je malá a ak sa zväčší počet chýb nad určitú hranicu, obvykle to znamená výmenu hardvéru. Pravdepodobnosť skrytých chýb v dôsledku funkčnej nespoľahlivosti je preto nízka;
- **funkčne stabilný** – funkcia počítača je za bežných okolností nezávislá od prevádzkových podmienok (teplota, vlhkosť, rušivé pole, vibrácia, psychický stav obsluhy) a sú vytvorené podmienky pre vylúčenie týchto rušivých vplyvov;
- **ľahko ovládateľný** – funkciu počítača možno riadiť informáciami so širokým rozsahom možností;
- **ľahko verifikovateľný –** existuje rozsiahly testovací softvér s ľahkou realizovateľnosťou.

Z týchto vlastností výpočtového modelového hardvéru (počítača) vyplýva, že zabezpečuje vysokú pravdepodobnosť formálnej správnosti výsledku (výpočtu). Chyby spôsobené výpočtovým modelovým hardvérom sú preto mimoriadne a v praxi nepodstatné.

Snímka 49

Experimentálny modelový hardvér tvorí rad rôznorodých zariadení zostavených do čiastkových reťazcov experimentálneho reťazca. Pre experimentálny modelový hardvér je pre porovnanie s výpočtovým modelovým hardvérom charakteristická:

- **funkčná spoľahlivosť**
- **funkčná stabilita**
- **Ovládateľnosť**
- **verifikovateľnosť**

funkčná spoľahlivosť – existencia náhodných porúch je v dôsledku vlastností prvkov experimentálneho modelového hardvéru a vlastného procesu merania. Z uvedeného dôvodu s existenciou náhodných chýb sa musí počítať a môžu byť podstatné;
funkčná stabilita – na funkciu experimentálneho modelového hardvéru má vplyv celý rad prevádzkových podmienok (teplota, tlak a vlhkosť vzduchu, vibrácia, rôzne polia a pod.), ktoré možno niekedy s ťažkosťami eliminovať. Niektoré vplyvy sa nedajú eliminovať z dôvodov technickej nerealizovateľnosti alebo ich neznalosti. Výsledky experimentu majú vždy pozadie šumu a môžu byť podstatne ovplyvnené uvedenými vplyvmi;
ovládateľnosť experimentálneho modelového hardvéru nie je len **informačná**, ale aj **látkovo energetická** (zaťažujúci a budiaci reťazec). Veličiny charakterizujúce zaťažovanie a budenie sú veličiny náhodné a môžu sa vyskytovať aj chyby sústavné, keď už vstupy do experimentu sú zaťažené chybami;
verifikovateľnosť experimentálneho modelového hardvéru je **obťažná**. Napriek tomu, že prvky experimentálneho reťazca sú vyrábané v mnohých prípadoch komerčne a sú dostupné na iných pracoviskách, zostavenie experimentálneho reťazca môže byť často jedinečné, inde nerealizovateľné. Možnosť verifikácie musí byť obsiahnutá v samotnom charaktere experimentálneho modelového hardvéru, t. j. v použití viacerých rôznych meracích metód.

Z uvedených vlastností experimentálneho modelového hardvéru vyplýva všeobecne známa, niekedy však pozabudnutá skutočnosť, že **chyby experimentálneho modelového hardvéru sú** často podstatné. Ich obmedzenie na prípustnú mieru je zložitým procesom objektivizácie výsledkov merania prostredníctvom softvéru pre ich štatistické spracovanie, pričom významnú úlohu má aj proces plánovania merania.

Snímka 50

Rozdielnosti v chybách z hľadiska rozdielnosti modelového softvéru

Hrubá chyba výpočtového modelového softvéru je chybné priradenie teórie pre riešenie daného problému a jej realizácie a je to teda **chyba metódy**.

Výpočtový model vychádza z teórie, ktorá je výpočtovým modelovým softvérom. Oprávnenosť priradenia teórie pre riešenie daného problému výpočtom je súčasťou modelovania. **Hrubá chyba** výpočtového modelového softvéru je chybné priradenie teórie pre riešenie daného problému a jej realizácie a je to teda **chyba metódy**. Vlastná aplikácia teórie je založená na realizácii logicko-matematických operácií a ich vyjadrenie v programovacom jazyku, čo možno vykonať na vysokej úrovni exaktnosti. Výpočtový modelový softvér možno vyjadriť v dostatočne exaktnom formalizovanom tvare, takže chyby je možné výrazne eliminovať dôslednosťou a kontrolami.
Experimentálny modelový softvér obsahuje vedľa exaktných a formalizovaných príkazov (softvér pre spracovanie výsledkov merania a softvér pre plánovanie merania) aj príkazy neformalizované uvádzané v bežnom jazyku (zostavovanie reťazcov, postup pri realizácii merania) na rôznych úrovniach exaktnosti alebo aj ústne príkazy bez dokumentácie (náhle príkazy pre realizáciu merania napr. pri zmenených podmienkach merania, pri neplánovaných spätnoväzbových zásahoch do zaťažovania a pod.). Sú to dôvody, pre ktoré pravdepodobnosť výskytu chyby je väčšia ako pri výpočtovom modelovom softvéri. Podobne ako pri výpočtovom modelovom softvéri sa však môže vyskytnúť aj podstatná chyba z hľadiska priradenia nevhodnej teórie pre spracovanie výsledkov meraní (nesúlad medzi realizovaným počtom meraní a potrebným počtom meraní pre aplikáciu príslušnej teórie a pod.).

Snímka 51

Rozdielnosti v chybách v dôsledku rôznej funkcie riešiteľa

- Ak má riešiteľ v procese realizácie výpočtu a experimentu rôzne funkcie, môže sa to prejaviť i v chybách.
- Počítačový výpočet je riadený programom a riadiace zásahy riešiteľa sú evidované a kontrolované voči chybám, takže vplyv subjektu z hľadiska zavedenia chýb do realizácie výpočtu je obvykle nepodstatný.
- Riadenie realizácie experimentu riešiteľom – experimentátorom je podstatne voľnejšie a menej kontrolované, čo môže byť zdrojom značných chýb. Chyby v dôsledku zásahov riešiteľa do procesu experimentu majú relatívne vyššiu pravdepodobnosť než v prípade výpočtov.

Snímka 52

V experimentálnom modelovaní je stratégia vzhľadom k chybám založená na týchto krokoch:

- príprava experimentu, hlavne príprava a riadenie merania tak, aby chyby boli v prípustnom intervale hodnôt (pozri plánovanie merania),
- odstraňovanie hrubých a systematických chýb,
- kvantifikácia ostatných (náhodných) chýb tak, aby vždy bola vyjadrená miera objektivity experimentálne získaných výsledkov prostredníctvom neistôt.

Posledné dva body stratégie sú charakteristické pre každý experiment, ak je vykonávaný na profesijnej úrovni. Zatiaľ čo pri **izolovanom experimente** sú chyby iba kvantifikované bez posudzovania určitého intervalu ich prípustnosti, pri **optimálnom experimente**, obvykle v spojení s riešením problému komplexným modelovaním, je snaha dosiahnuť určitú minimalizáciu parametrov charakterizujúcich chyby merania, pričom interval prípustných hodnôt chýb je vymedzený riešeným problémom.

Tak sa dostávame k **väzbám medzi chybami vo výpočtoch a experimentoch**. Prepojenie výpočtov a experimentov je na súčasnej úrovni poznatkov a potrieb techniky a vedy veľmi úzke. Dnes prakticky neexistuje experiment, ktorého súčasťou by v rámci spracovania výsledkov meraní, resp. v rámci jeho plánovania, nebol výpočet. A naopak, takmer pri všetkých úlohách riešených výpočtovým modelovaním sú niektoré z jeho vstupných údajov získavané experimentálne. K týmto údajom patria predovšetkým materiálové charakteristiky a v prípade identifikačných úloh údaje o štruktúre, stave a deformácií zisťovaného telesa.

Ak existuje väzba medzi výpočtom a experimentom, potom existujú väzby medzi chybami výpočtu a chybami experimentu. **Charakter** ich **väzby** závisí od toho, či sa týka **výpočtového modelovania** (výpočet má pri riešení problému aktuálnu preferenciu, experiment predchádzal alebo bude nasledovať) alebo **experimentálneho modelovania** (aktuálnu preferenciu má experiment), a tiež od **typu experimentu** pri modelovaní. Chyby vo výsledkoch vstupného experimentu môžu viesť k vytváraniu chybných experimentálnych alebo výpočtových modelov a vedú k chybám pri modelovaní. Ak sú zaťažené sústavnými chybami typy **konkretizačných a identifikačných experimentov** (výstupy experimentu tvoria vstupy do výpočtovej časti modelovania), potom dostávame aj nesprávne výsledky výpočtov. Na nepresnosť vstupných údajov sú citlivé hlavne inverzné úlohy (tvoria napr. súčasť úloh identifikačných), a to hlavne v prípadoch, keď sú inverzné úlohy zle podmienené [4.43]. Čím horšia je podmienenosť inverznej úlohy, tým menší musí byť konfidenčný interval strednej hodnoty vstupnej veličiny do inverzného výpočtu. Pretože vstupy do inverzných úloh sú

tvorené výstupmi experimentu, sú pri identifikačných experimentoch kladené veľké nároky na presnosť merania. Toto boli prípady, keď experiment časovo predchádzal výpočet. Pri **verifikačných experimentoch** vo výpočtovom modelovaní, ktorý nasleduje po výpočte, je experiment prostriedkom overenia jeho pravdivosti. Ak sa v tomto prípade priradí experimentu preferencia pravdivosti nezávisle od úrovne a chýb experimentu, potom dochádza k jeho preceneniu a k možným chybám v modelovaní, a tak aj k chybám v riešení problému.

Snímka 53

Vymedzenie a členenie chýb merania

- Chybu všeobecne spájame s rozdielnosťou „toho, čo je“ a „toho, čo by malo byť“. V odbore merania „tým, čo by malo byť“ je skutočná (pravá) hodnota skúmanej veličiny na experimentálnom objekte a „tým, čo je“ je nameraná hodnota skúmanej veličiny (meraná veličina)

Skutočná hodnota skúmanej veličiny je hodnota, ktorá charakterizuje túto veličinu dokonale definovanú za podmienok existujúcich v okamihu jej zisťovania. Je to hodnota , ktorá existuje za určitých podmienok a v určitom časovom okamihu a kvantitatívne vyjadruje veličinu opisujúcu stav, vlastnosť, chovanie alebo prejav experimentálneho objektu. Hodnotu meranej veličiny nie je možné určiť bez odchýlok z dôvodov uvedených v podkapitole 4.2.1.
Je teda zrejmé, že **skutočná hodnota** určitej **skúmanej veličiny** nie je v podstate dokonale zistiteľná, pretože každý pokus o jej zistenie je zaťažený určitými odchýlkami od skutočnej (pravej) hodnoty.
V odbore merania sa skutočná (pravá) hodnota skúmanej veličiny nahradzuje tzv. **konvenčne pravou hodnotou ,** čo je hodnota skúmanej veličiny blížiaca sa k pravej hodnote natoľko, že pre danú rozlišovaciu úroveň súvisiacu s riešením problému možno rozdiel medzi pravou a konvenčne pravou hodnotou považovať za nepodstatný. **Konvenčné pravá hodnota je teda realistickou náhradou** (výpočtovým modelom) ideálnej neznámej **pravej hodnoty** skúmanej veličiny. Príkladom konvenčne pravých hodnôt sú teploty pevných bodov medzinárodnej praktickej teplotnej stupnice, ďalej hodnoty etalónov mierok s dostatočne vysokou triedou presnosti pre daný účel, Za konvenčne pravú hodnotu meranej veličiny možno považovať aj strednú hodnotu získanú meraním pri predpoklade, že systematická chyba je nulová.

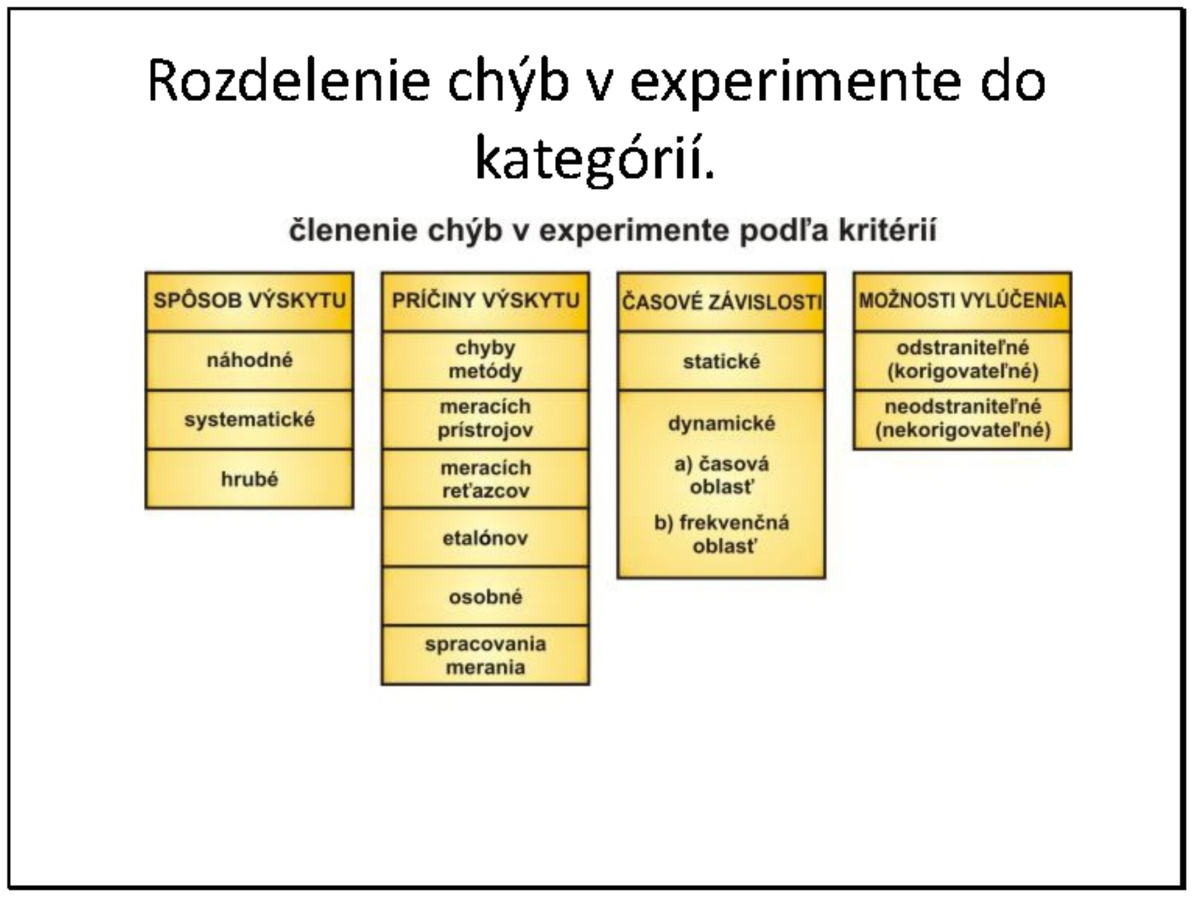
Snímka 54

Výsledok merania

- **Absolútnou chybou** nazývame rozdiel medzi výsledkom merania (nameranej veličiny) a konvenčne pravou hodnotou meranej veličiny.
- **Relatívnou chybou** nazývame pomer absolútnej chyby a odpovedajúcej konvenčne pravej hodnoty meranej veličiny
- **Redukovaná chyba** je pomerom absolútnej chyby k určitej referenčnej hodnote meranej veličiny (veličiny určené napr. normou, meracím rozsahom prístroja a pod.).
- **Maximálna chyba** je najväčšia chyba merania, ktorá sa vyskytne za daných podmienok merania.

V odbore merania sa zavádza pojem **výsledok merania ,** čo je hodnota skúmanej veličiny získaná meraním, je to teda hodnota nameranej veličiny. S využitím zavedených pojmov možno vymedziť tieto typy chýb.

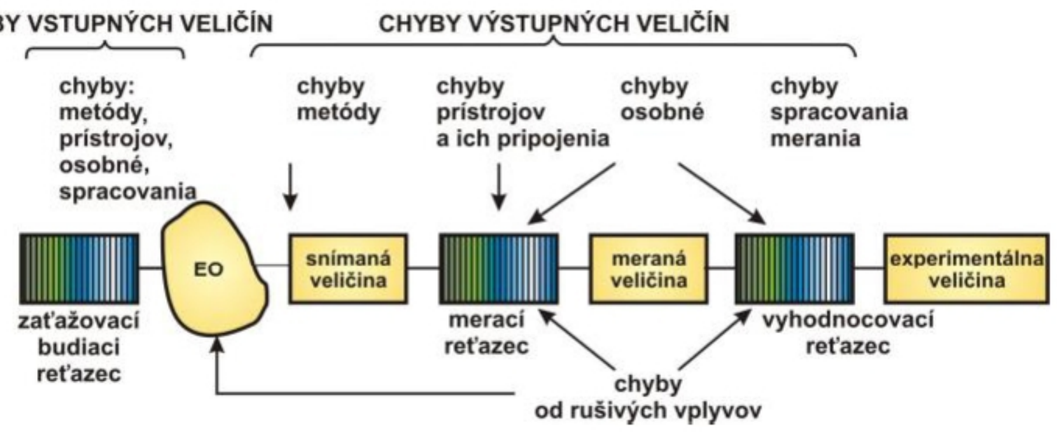
Snímka 55



Chyby merania možno rozdeliť podľa rôznych hľadísk do kategórií, ako je naznačené na obr.4.3. Základným kritériom je členenie podľa spôsobu výskytu, podľa ktorého sú chyby náhodné, systematické a hrubé. Pre **náhodné chyby** je charakteristické, že pri opakovaných meraniach **nadobúdajú** pri rovnakých podmienkach merania **náhodne rôzne hodnoty,** zatiaľ čo **systematické chyby majú deterministický prejav** (bližšie pozri podkapitolu 4.2.2.1 a podkapitolu 4.4.5). Chyby rozdelené podľa obr.4.3 sa navzájom prelínajú, takže napr. chyby prístrojov môžu mať charakter chýb náhodných alebo systematických. Dôležité je členenie chýb podľa príčin výskytu.

Snímka 56

Rozdelenie chýb podľa príčiny ich výskytu.



Snímka 57

Pri spracovaní výsledkov merania zaťažených chybami je nutné rozlišovať:

- **meranie priame,** keď výstupný signál z meracieho reťazca má informáciu o meranej veličine, ktorá je súčasne veličinou experimentálnou (napr. meranie času, dĺžky, napätia, prúdu),
- **meranie nepriame,** keď z nameraných veličín sa určuje experimentálna veličina prepočtom podľa známeho vzťahu (napr. rýchlosť z nameranej dráhy a času, výkon jednosmerného prúdu z nameraného napätia a prúdu).

Snímka 58

Členenie chýb podľa spôsobu výskytu

- **Náhodné chyby merania**
- **Systematické chyby merania**

Náhodné chyby merania

Ak realizujeme opakované meranie s dostatočnou rozlišovacou schopnosťou, potom aj v prípade, keď sa merajú konštantné hodnoty skúmanej veličiny a v priebehu merania sú dodržané rovnaké podmienky merania, dospejeme všeobecne k rôznym nameraným hodnotám, ktorých rozloženie je celkom náhodné. Príčinou tohto javu je pôsobenie prakticky nepostihnuteľných vplyvov okolitého prostredia, činnosťou prístrojov a človeka, ktoré sa náhodne kombinujú a vyvolávajú náhodné chyby merania. Týmto chybám sa nemožno vyhnúť a sú tým výraznejšie, čím je väčšia rozlišovacia schopnosť prístrojov, s ktorými sa meranie vykonáva. Samozrejmosťou je, že k náhodnému rozdeleniu výsledkov merania dospejeme aj v prípade, keď zisťovaná veličina má náhodný charakter (napr. materiálové charakteristiky).

Je dôležité si uvedomiť, že ani na základe znalostí výsledkov veľkého počtu opakovaných meraní nemožno predurčiť výsledok ďalšieho merania. Vzhľadom k náhodnému charakteru merania možno pre jeho spracovanie použiť poznatky teórie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky, stanoviť odhad hodnoty meranej veličiny a posúdiť **náhodné chyby merania** (v prípade **absolútnej náhodnej chyby** ako rozdielu najpravdepodobnejšieho odhadu meranej veličiny a nameranej hodnoty) odhadnuté **neistotou merania**, ako odhadom intervalu hodnôt, v ktorom leží skutočná hodnota meranej veličiny.

Problematikou spracovania výsledkov merania sa budeme detailne zaoberať v ďalších častiach tejto kapitoly.

Systematické chyby merania

Pod systematickou chybou rozumieme chybu, ktorá pri viacerých meraniach tej istej hodnoty meranej veličiny vykonaných pri rovnakých podmienkach merania zostáva rovnaká hodnotou i znamienkom, avšak mení sa podľa určitej závislosti, ak sa menia dané podmienky merania.

Systematické chyby majú teda povahu jednostranne prevládajúcej závislosti (pri opakovaných meraniach rovnaké znamienko), takže výsledok merania sa zväčšuje alebo zmenšuje. Sú veľmi nebezpečné z hľadiska kvality merania a experimentu, pretože opakovaným meraním sa ani nezmenšujú, ani neodstraňujú

Snímka 59

príčiny vzniku systematických chýb

- **prístrojové** – chyby vyplývajúce z nedokonalosti použitých prístrojov v jednotlivých reťazcoch experimentálneho reťazca,
- **chyby prístrojové** – vyplývajú z chybnej montáže, zapojenia, uloženia a nastavenia prístrojov, zo vzájomného ovplyvňovania sa prístrojov a pod.,
- **chyby metódy** – chyby ktoré možno vylúčiť opravou – korekciou,
- **chyby pozorovania** – chyby osobné a chyby vznikajúce nerešpektovaním vlastností prístrojov (nedodržanie času odpočtu hodnôt),
- **chyby výpočtové** - vznikajú pri spracovaní výsledkov merania (chyby linearizácie, interpolácie, extrapolácie, použitie nevhodnej teórie pre spracovanie výsledkov merania).

Snímka 60

Z pohľadu experimentátora možno systematické chyby, resp. ich zložky, členiť na tieto typy:

- **známe**
- **poznateľné**

známe – tieto chyby je nutné odstrániť, čo možno realizovať:
odstránením ich príčin,
vhodnou kompenzáciou,
uplatnením korekcií,
kombináciou uvedených spôsobov.

Možnosti poznania systematických chýb sú obmedzené, takže aj po ich odstránení vždy zostáva určitá približne známa nevylúčená časť, tzv. **nevylúčená systematická chyba**;
poznateľné – chyby, ktorých hodnoty poznáme, ale z praktických dôvodov nevylučujeme (obťažné odstraňovanie, bezvýznamnosť a i.).
Pre všetky tri kategórie chýb je spoločné, že vieme odhadnúť, v akom rozsahu sa hodnota nevylúčenej systematickej chyby pohybuje. Tento rozsah sa označuje ako **systematická neistota**. Jej určovanie je detailnejšie uvedené v publikácii [4.54].

Snímka 61

Hrubé chyby merania

Hrubé chyby merania sú dôsledkom nesprávneho merania. Môžu dosiahnuť také hodnoty, že skreslia a znehodnotia výsledok merania, a tým aj výsledok experimentu. **Zdrojom hrubých chýb** môže byť:

- nesprávna funkcia meracieho prístroja (nespozorovaná porucha pristroja, posuv ukazovateľa, nesprávna funkcia v dôsledku použitia prístroja v podmienkach, pre ktoré nebol konštruovaný – vlhkosť, vibrácia, rušenie),
- nevhodná voľba meracej metódy a meracích prístrojov,
- omyly meracieho technika (odčítanie na nesprávnej stupnici, chybný zápis nameranej hodnoty, radový omyl v hodnote a pod.).

Snímka 62

Členenie chýb podľa príčin vzniku

- **Chyby metódy**
- **Chyby meracích prístrojov**
- **Chyby meracích reťazcov spôsobené skutočným zaťažením prístroja, kolísaním napájacieho napätia a rušivými napätiami v elektrických meracích prístrojoch**
- **Chyby použitých etalónov**
- **Osobné chyby**
- **Chyby pri spracovaní výsledkov merania**

Chyby metódy

K systematickým chybám patria chyby metódy. Ak poznáme ich príčinu, možno ich celkom vylúčiť alebo pri známej hodnote a znamienku ich vylúčiť opravou – korekciou. Sú to teda chyby odstrániteľné alebo korigovateľné. Ich príčinou môže byť:
zanedbanie podstatnej okolnosti ovplyvňujúcej výsledok merania (vplyv vystuženia meraného experimentálneho objektu fotoelasticimetrickou fóliou pri reflexnej fotoelasticimetrii, vplyv hmoty snímača na tuhosť experimentálneho objektu, vplyv hmoty budiča pripojeného napr. na tenkú turbínovú lopatku pri určovaní jej frekvencie a pod.),
zjednodušenie zapojení meracích prístrojov (nerešpektovanie teplotnej kompenzácie pri tenzometrických meraniach),
zjednodušenie (nepresnosť) vzťahu pri prepočte nameranej veličiny na vyšetrovanú meranú veličinu (neuvažovanie správnej hodnoty *k* - faktora pri tenzometrii alebo neuvažovanie priečnej citlivosti tenzometra) a pri prepočte meranej veličiny na veličinu experimentálnu (nerešpektovanie premenlivosti elastických konštánt v konštitučných vzťahoch, použitie nesprávnych konštitučných vzťahov a pod.).

Chyby meracích prístrojov

V súčasnosti, keď sa na mnohých pracoviskách prechádza na automatizované meranie, patria chyby prístrojov a ich zapojenia k najčastejším a najzávažnejším zdrojom chýb v procese merania.
Problematika chýb prístrojov úzko súvisí s presnosťou meracieho prístroja ako jeho schopnosti udávať pri stanovených podmienkach pravú hodnotu vstupnej veličiny. Hodnota výstupnej veličiny prístroja, ktorá je výsledkom jeho funkcie, sa odlišuje od hodnoty jeho vstupnej veličiny, preto sa zavádza **chyba presnosti (údaja prístroja)** ako rozdiel medzi výstupnou veličinou prístroja a pravou hodnotou vstupnej veličiny. Absolútna alebo relatívna

chyba presnosti prístroja (chyba údaja prístroja) je súhrnom väčšieho počtu čiastkových chýb, z ktorých niektoré majú charakter chýb systematických, iné náhodných.

Chyby použitých etalónov

Etalón je meradlo, ktoré uchováva, alebo reprodukuje jednotku fyzikálnej veličiny s cieľom odovzdať hodnotu tejto jednotky menej presným meradlám. Etalóny sú členené podľa rôznych hľadísk a v každom členení existuje určitá hierarchia.

Najzákladnejšie je členenie na etalóny primárne a sekundárne. **Primárne etalóny** reprodukujú hodnotu jednotky danej veličiny v danom rozsahu jej hodnoty s najvyššou presnosťou. Pri týchto etalónoch je jednotka fyzikálnej veličiny stanovená podľa jej definície. **Sekundárne etalóny** preberajú hodnotu jednotky fyzikálnej veličiny priamo alebo nepriamo z primárnych etalónov. Sekundárne etalóny sa člení na **rady**, pričom číslo 1 označuje sekundárny etalón s najvyššou presnosťou.

Etalóny možno členiť aj na **medzinárodné** a **štátne**. Pre etalóny primárne a sekundárne, ktoré majú najvyššie postavenie v určitej organizácii, sa používa názov **hlavný firemný etalón**.

Podľa použitia možno etalóny triediť na **referenčné** (uchovávajú jednotku na príslušnej úrovni a odovzdávajú ju etalónom nižších radov) a na **pracovné** (slúžia pre overovanie bežných meradiel a meracích prístrojov). Problematika spojená s etalónmi spadá do právomoci metrologického ústavu.

Problematika chýb etalónov, podobne ako problematika chýb meradiel a meracích prístrojov, patrí do odboru **metrologickej spoľahlivosti** a súvisí s tzv. **metrologickou poruchou** ako odchýlkou od niektorej metrologickej vlastnosti, napr. zväčšenie niektorej chyby na hranici dovolených chýb, zmenšenie meracieho rozsahu, zväčšenie hranice pohyblivosti nad dovolenú hodnotu a pod. Riešenie problému metrologickej spoľahlivosti súvisí predovšetkým so stanovením časových intervalov, v ktorých sa musia sekundárne etalóny a meradlá overovať a testovať, aby chyby etalónov a meradiel boli zmenšené na minimum.

Osobné chyby

Pod osobnými chybami merania chápeme chyby, ktoré do realizácie merania a spracovania jeho výsledkov vnáša človek. Úroveň osobných chýb je pre rôznych ľudí rôzna a mení sa pri tom istom človeku hlavne v závislosti od rôznych faktorov – od zdravotného a psychického stavu, od momentálnej kondície, od praxe v odbore merania, od časových možností. K najčastejším osobným chybám patrí [4.39]:

chybné nastavenie nulovej hodnoty prístroja (napr. kompenzátora mostíka) pri meraniach vykonávaných nulovými metódami. Rozbory týchto chýb ukazujú, že ich rozloženie sa blíži k normálnemu rozloženiu.

chybné odčítanie zo stupnice. Bolo zistené, že pri odčítaní zo stupnice sa asi v polovici prípadov interpoluje odhadom na jedno desatinné miesto.

Snímka 63

K **príčinám**, ktoré **menia** predpísané **vzťažné podmienky** prístrojov, a tým ovplyvňujú veľkosť meranej veličiny, patria:

- zapojenie prístroja do reťazca prístrojov,
- oteplenie prístroja vonkajšími teplotnými zdrojmi,
- vonkajšie magnetické a elektrické pole.

Medzi chybou presnosti prístroja a jeho presnosťou je nepriama závislosť: čím je táto chyba menšia, tým je jeho presnosť väčšia.

Chyba presnosti prístroja má dve zložky:

- **chybu systematickú** označovanú ako **chybu správnosti**,
- **chybu náhodnú** označovanú ako **chybu stálosti**.

Snímka 64

Členenie chýb podľa časovej závislosti meraných veličín

- **Statické chyby prístrojov**
- **Dynamické chyby prístrojov**

Pri prístrojoch na sledovanie a záznam časovo premenných veličín možno členiť chyby prístrojov na statické a dynamické. Statické chyby odpovedajú ustálenému stavu prístroja, dynamické neustálenému stavu. Pri ich opise je nutné rozlišovať, či ide o chyby analógových alebo digitálnych prístrojov.

Statické chyby prístrojov

Statické chyby analógových prístrojov. Medzi charakteristické príčiny statických chýb patrí:
chybne nastavená „nula“, čo spôsobí posunutie statickej vstupno-výstupnej charakteristiky (obr.4.9a),
zmena citlivosti prístroja – ak je statická charakteristika lineárna, prejaví sa zmena citlivosti iným sklonom charakteristiky (obr.4.9b),
nelinearita charakteristiky voči predpokladanej linearite (obr.4.9c),
nespojitý priebeh charakteristiky, obr. 4.9d svedčí o nesprávnej funkcii prístroja,
kombinácia uvedených príčin.

Statické chyby digitálnych prístrojov. Pri meraní analógovej veličiny digitálnymi prístrojmi dochádza nevyhnutne k chybám v dôsledku kvantovania. Meraná veličina , ktorá môže nadobúdať nekonečne veľa hodnôt, sa analógovo-digitálnym prevodom transformuje na veličinu , ktorá môže mať len konečný počet hodnôt. (**Chyba kvantovania)**

Snímka 65

Členenie chýb podľa možnosti ich vylúčenia

Podľa tohto kritéria je chyby možno rozdeliť do týchto základných skupín:

- chyby, ktoré možno v procese merania a vyhodnocovania jeho výsledkov vylúčiť, tzv. **korigovateľné chyby,**
- chyby, ktoré nie je možné vylúčiť – **nekorigovateľné chyby.**

Medzi nekorigovateľné chyby patria:

- náhodné chyby,
- chyby komplikovane korigovateľné, teda chyby, ktorých pôvod a zákonitosť poznáme, avšak ich korigovanie by spôsobilo značnú komplikáciu procesu

Snímka 66

NAVRHOVANIE, PROJEKTOVANIE A ZDOKONAĽOVANIE PROCESOV

1. Postupy pri projektovaní a zdokonaľovaní vnútrofiremných procesov
2. Postup používaný pri vymedzovaní pracovno-organizačného systému
3. Systémové charakteristiky používané pri vymedzovaní pracovno-organizačného systému
4. Navrhovanie - projektovanie procesov
5. Aplikácia postupov na vybrané procesy

Snímka 67

Postupy pri projektovaní a zdokonaľovaní vnútro firemných procesov

Postupy zdokonaľovania vnútro firemných procesov sú rozpracované viacerými autormi v čiastočne odlišnej postupnosti jednotlivých krokov i v rôznej hĺbke prepracovania - sú koncipované koncentrovane i širšie.

Snímka 68

Lipták, F. vymedzuje postup pri racionalizačných riešeniach v koncentrovanej podobe takto:

1. etapa - formulácia racionalizačnej úlohy a diagnostifikácia
2. etapa - zhromažďovanie informácii a ich úprava
3. etapa - analýza a syntéza
4. etapa - formulácia racionalizačných opatrení
5. etapa - realizácia racionalizačných opatrení a ich hodnotenie

Snímka 69

Hajtš a Cepka uvádzajú túto postupnosť krokov:

1. Formulácia racionalizačnej úlohy a diagnostifikácia objektu
2. Zber a úprava informácii
3. Analýza a syntéza
4. Formulácia a ekonomické hodnotenie navrhovaných opatrení
5. Realizácia racionalizačných opatrení

Snímka 70

Le Chatelier, patriaci medzi klasikov vedeckej organizácie práce, uvádza tieto etapy postupu:

1. Vytýčenie jasného a presne vymedzeného cieľa.
2. Preskúmanie prostriedkov a podmienok, ktoré treba nájsť na dosiahnutie zamýšľaného cieľa.
3. Príprava prostriedkov a podmienok.
4. Uskutočnenie, čiže vykonanie zamýšľaných operácií podľa vytvoreného plánu.

Snímka 71

V oblasti zdokonaľovania systému manažérstva kvality je odporúčaný a aplikovaný najmä postup podľa Deminga. Tento je v najvšeobecnejšej podobe známy ako Demingov alebo Schewhartov cyklus, t. j.:

PLÁNUJ - VYKONAJ - PREVER - ZDOKONAĽUJ.

P-D-C-A

Snímka 72

Je množstvo ďalších, týmto uvedeným, podobných postupov, som však toho názoru, že v koncentrovanej podobe a pritom v jednoduchom vyjadrení môžeme postup racionalizovania, či zdokonaľovania zhrnúť do týchto krokov:

- **PREMYSLIEŤ**
- **PRIPRAVIŤ**
- **REALIZOVAŤ**
- **KONTROLOVAŤ**
- **ZLEPŠOVAŤ**

Snímka 73

Zo širšie koncipovaných postupov uplatňovaných pri racionalizačných riešeniach sa možno - podľa skúsenosti autorov - opierať o pôvodný postup riešení cestou ideálnych systémov, ktorý podľa Nadlera (The Ideal concept) obsahuje tieto kroky:

a) určiť funkciu tak, aká by mala byť (nie aká je dnes) a formulovať systém pomocou základných znakov,
b) vyvinúť ideálne systémy: limitný, vrcholný a technicky uskutočniteľný, ktoré budú vodítkom k výslednému systému,
c) zhromaždiť údaje a informácie, zodpovedať otázky, ktoré vznikli pri práci na ideálnych systémoch,
d) vyvinúť alternatívy tam, kde sa nemôžu použiť niektoré zložky ideálneho systému,
e) vybrať systém, ktorý bude možno uskutočniť, ktorý plní určitú funkciu a ktorý je čo najbližšie k ideálnemu systému,
f) spracovať projekt a podrobnosti vybraného systému vo všetkých základných znakoch,
g) kontrolovať projekt, t. j. vždy mať na mysli ideálny systém ako vodítko,
h) skúšať systém,
i) sledovať a uviesť systém do prevádzky,
j) sledovať a hodnotiť systém v prevádzke.

Snímka 74

RAPPOS obsahuje tieto kroky:

1. Vymedzenie pracovno-organizačného systému na objekte a ohraničenie komplexných problémov na riešenie.
(kde, čo, prečo, riešiť, čo dosiahnuť?)
2. Diagnostifikácia vymedzeného pracovno-organizačného systému.
(Je súlad medzi objektom - problémom - cieľom?)
3. Systémová dezagregácia problémov na riešenie.
(Ktoré problémy akými smermi riešiť?)
4. Riešenie systémovo dezagregovaných problémov.
(Dosiahnuť vlastné riešenie!)
5. Systémová agregácia riešení čiastkových problémov – modelovanie.
(Aké sú čiastkové riešenia spolu?)
6. Syntetizujúce hodnotenie systémovej agregácie riešení čiastkových problémov – optimalizácia.
(Čo ako upraviť spojením čiastkových riešení?)
7. Realizačný projekt racionalizačných zmien – zostavenie.
(Čo, kedy urobiť? Ako postupovať pri tvorbe zmien?)
8. Realizácia racionalizačných zmien.
(Uskutočnenie zmien!)
9. Hodnotenie účinkov a dôsledkov racionalizačných zmien.
(Hodnotenie zmien! Čo sa dosiahlo?)
10. Korektívne zmeny - riešenie, hodnotenie, realizácia.
(Čo opraviť? Čo ešte urobiť?)
Kontrola fungovania objektu racionalizácie, výsledné hodnotenie účinkov dosiahnutých racionalizačnými zmenami.
(Čo sa dosiahlo? Aké sú výsledky?)
Kontrola fungovania racionalizovaného pracovno-organizačného systému.

Ďalej možno pri riešení komplexných problémov projektovania a zdokonaľovania vnútro firemných procesov úspešne aplikovať postup RAPPOS (racionalizácia a projektovanie pracovno-organizačných systémov), ktorý je podrobne rozpracovaný v Metodike racionalizácie práce [14], ale aj v práci Liptáka, [25].

S cieľom dosiahnuť pri projektovaní a zdokonaľovaní vnútro firemných systémov, či procesov progresívne riešenia, nezaťažené od existujúcich súčasných stavov a tiež s cieľom upriamovať sa skôr na ideálne riešenia a tieto následne zrealizovať, je rozpracovaná [5] tiež modifikácia metodického postupu RAPPOS, opierajúc sa pritom aj o už uvedený postup podľa Nadlera.

Podstata modifikácie spočíva v tom, že sa mení obsah počiatočných krokov postupu RAPPOS v pôvodnej podobe, v jeho 1. fáze, t. j. vo fáze prípravno-orientujúcej.

Snímka 75

Modifikovaný postup

1. krok: Vymedzenie pracovno-organizačného systému na riešenie a stanovenie základných technicko-ekonomických podmienok

2. Krok - Komparácia

S cieľom dosiahnuť pri projektovaní a zdokonaľovaní vnútro firemných systémov, či procesov progresívne riešenia, nezaťažené od existujúcich súčasných stavov a tiež s cieľom upriamovať sa skôr na ideálne riešenia a tieto následne zrealizovať, je rozpracovaná [5] tiež modifikácia metodického postupu RAPPOS, opierajúc sa pritom aj o už uvedený postup podľa Nadlera.

Podstata modifikácie spočíva v tom, že sa mení obsah počiatočných krokov postupu RAPPOS v pôvodnej podobe, v jeho 1. fáze, t. j. vo fáze prípravno-orientujúcej. Prehľad krokov metodického postupu RAPPOS v pôvodnej podobe a podobe modifikovanej znázorňuje obr. 26. Porovnanie vybraných postupov uplatňovaných pri zdokonaľovacích riešeniach je uvedený v tabuľke 3.
V modifikovanom postupe (obr. 26) sú výrazne vyznačené zmeny oproti postupu v pôvodnej podobe. Ich charakteristika:

1. krok: Vymedzenie pracovno-organizačného systému na riešenie a stanovenie základných technicko-ekonomických podmienok

Ide o špecifikáciu problému na riešenie - spresnenie zadania a základných technicko-ekonomických podmienok s určením cieľa riešenia, funkcie pracovno-organizačného systému - čo a ako má pracovno-organizačný systém plniť v nadväznosti na stanovený cieľ, spôsob riešenia, prípadne obmedzujúce podmienky.

krok: Navrhovanie pracovno-organizačných systémov

V tomto kroku ide o návrh pracovno-organizačného systému vychádzajúc z určeného cieľa, funkcie a obmedzujúcich podmienok. Pri návrhu pracovno-organizačného systému sa

vychádza zo súpisu činiteľov, ktoré akýmkoľvek spôsobom ovplyvňujú správanie sa pracovno-organizačného systému. Toto je východisková báza ich riešenia. Prioritou pri ich určovaní je využívanie disponibilných zdrojov, najnovších vedecko-technických a ekonomických poznatkov, prognóz a tendencií vývoja, tiež na základe zberu špecifických informácií pre tvorbu daného konkrétneho pracovno-organizačného systému (výsledky výskumu a vývoja, normatívy, poznatky, predpisy, údaje z evidencie a rozborov, údaje získané pozorovaním, meraním, rozhovormi a pod.)

Na tomto základe je navrhnutý pracovno-organizačný systém s tým, aby čo najúčinnejšie plnil svoju funkciu - ide o tvorivý proces, ktorého cieľom je navrhnúť taký POS, resp. proces, pri ktorom možno dosiahnuť požadovaný výsledok pri minimálnych nákladoch.

Pracovno-organizačné systémy môžeme navrhovať:

na základe najnovších vedecko-technických a ekonomických poznatkov využívania disponibilných zdrojov a neinvestičných faktorov - teda v daných podmienkach reálne realizovateľného POS, napr. aj bez požiadaviek na investičné náročné zdroje,
na základe najnovších vedecko-technických a ekonomických poznatkov, prognóz a tendencií vývoja bez obmedzení (napr. na disponibilné zdroje a neinvestičné faktory), čo dáva v danom období smer ďalšieho vývoja v budovaní POS a preukazuje tiež ich potenciálne možnosti zvyšovania ekonomickej efektívnosti vo výrobnom procese.

Pre takto navrhnutý pracovno-organizačný systém a určené činitele sa vypracuje pracovná dokumentácia.

2. Krok - Komparácia

V tomto kroku ide o porovnanie navrhnutého pracovno-organizačného systému (na základe najnovších vedecko-technických a ekonomických poznatkov, využíteľných zdrojov a ďalších faktorov) s pracovno-organizačných systémov v konkrétnych podmienkach. Preukážu sa tým možné zlepšenia jeho cieľových funkcií a vymedzia sa podmienky za akých možno toto dosiahnuť. Zistia sa nežiaduce stavy, ktoré narušujú optimálnu činnosť pracovno-organizačného systému.

Pre potreby porovnania sa vykonávajú, ak je to potrebné, merania, pozorovania a použijú sa špeciálne diagnostifikačné metódy (v menšom rozsahu, ako to je pri aplikácii metodického postupu RAPPOS v pôvodnej podobe).

Tým sa stanoví diagnóza existujúceho POS oproti uvádzanému, navrhovanému POS. Skutočné správanie POS, t. j. diagnostikovanie POS vykonávame sledovaním odchýlok od stanoveného správania POS, čím sa zhromažďujú informácie z celého súboru pracovísk vo výrobnom procese, pre operatívne racionalizačné riešenia, ako aj pre výber problémov na riešenie.
Ďalšie kroky aj ich náplň sú zhodné s metodickým postupom RAPPOS v pôvodnej podobe, preto v ďalšom nie sú rozpracované.

Snímka 76

Pri konkrétnych riešeniach je možné pristúpiť k zoskupovaniu jednotlivých krokov do etáp, ktoré spomínané kroky obsahujú.

1. **etapa - úvodný projekt**
2. **etapa - riešenie čiastkových problémov**
3. **etapa - realizačný technicko-organizačný projekt**
4. **etapa - zabezpečenie subdodávok a príprava realizácie**
5. **etapa - realizácia racionalizačných zmien**
6. **etapa - hodnotenie realizovaných zmien**

1. etapa - úvodný projekt

Úvodný projekt obsahuje kroky:

1. vymedzenie POS,
2. diagnostifikácia POS,
3. systémová dezagregácia problémov na riešenie podľa metodického postupu RAPPOS, resp. podľa postupu RAPPOS v modifikovanej podobe,

Ide o kroky:

1 – Vymedzenie POS na riešenie a technicko-ekonomické podmienky.
1.1 - Navrhovanie POS.
2 – Komparácia.
3 – Systémová dezagregácia problémov na riešenie.

Jeho výsledkom je formulácia variantných riešení a smerov riešení, aj zadaní na riešenie jednotlivých čiastkových problémov vyplývajúcich z riešenia celostnej problematiky. Úvodný projekt obsahuje okrem toho tiež predbežné ekonomické ukazovatele navrhovaných riešení, harmonogram ďalšieho postupu prác, kapacitné, finančné a materiálové krytie riešenia, hmotnú zainteresovanosť na výsledkoch a termínoch riešenia ako aj spresnenie základných technicko-ekonomických podmienok riešenia. Na tejto úrovni sa vypracúvajú aj investičné zámery.

2. etapa - riešenie čiastkových problémov

4. riešenie systémovo dezagregovaných problémov,

Jej obsahom je **krok 4** metodického postupu RAPPOS, t. j. riešenie systémovo dezagregovaných problémov v pôvodnej i modifikovanej podobe. Pre konkrétne čiastkové problémy na riešenie sú vypracované, na základe úvodného projektu, záverov a odporúčaní oponentského konania čiastkové zadávacie špecifikácie (technicko-ekonomické podmienky). Tieto sú zadaním pre riešiteľské tímy čiastkových problémov.

K riešeniu špecifických problémov sú prizývaní (na plné, čiastkové pracovné úväzky) podnikoví špecialisti, resp. tieto sú zadané externým riešiteľom, prípadne sa títo priamo zúčastňujú v práci tímu ako spoluriešitelia.

Výsledky riešení sú odovzdané pre spracovanie Realizačno-technicko-organizačného projektu.

3. etapa - realizačný technicko-organizačný projekt
Jeho obsahom sú kroky:

modelovanie organizačného znovu usporiadania,
optimalizácia,
zostavenie realizačného projektu podľa pôvodného, aj modifikovaného postupu RAPPOS,

Výsledkom tejto etapy je realizačný technicko-organizačný projekt obsahujúci vykonávaciu dokumentáciu pre konštrukčnú, technologickú, organizačnú prípravu realizácie zdokonaľovacej zmeny, vrátane realizačného harmonogramu zmeny, rozpočtu nákladov /vrátane externých dodávok kooperácie a pod.) ekonomické zdôvodnenie a spresnenie základných technicko-ekonomických podmienok.
V rámci tejto etapy sa robia aj funkčné skúšky a pod.

V konkrétnom prípade, napr. u POS na úrovni pracovísk ide o vypracovanie technologických postupov, vypracovanie výkresovej dokumentácie pomôcok aj zariadení realizovaných vlastnými silami, špecifikácia nakupovaných položiek, ponuky strojov, zariadení pomôcok a pod.

Realizačný projekt je predložený po spracovaní k oponentskému pokračovaniu na príslušnej úrovni podľa rozsahu a závažnosti riešenej problematiky. V ďalšom je postup podľa záverov a odporúčaní oponentského konania.

4. etapa - zabezpečenie subdodávok a príprava realizácie

Táto etapa je oproti krokom metodického postupu RAPPOS, aj jeho modifikácie zaradená navyše, lebo v priebežnej dobe celkového riešenia a realizácie racionalizačných zmien je z časového hľadiska významná.

V rámci etapy prebieha na základe realizačného projektu a harmonogramu realizácie zabezpečovanie externých dodávok, realizácia požiadaviek v kooperujúcich dielňach. V rámci tejto etapy prebieha (podľa možnosti) mimo prevádzkové overenie navrhovaných riešení.

Navrhnuté pracoviská sa inštalujú na vyčlenenom priestore, vybavia sa a organizačne usporiadajú tak, ako je to v projekte navrhnuté.
Na tomto pracovisku sa napr. dokonale overí nová pracovná metóda, resp. technológia a na základe toho sa spresní, upraví, resp. potvrdí. Po overení metódy inštruktor, ktorý ju sám dobre ovláda, zacvičí na ňu príslušných pracovníkov, taktiež na vyčlenenom pracovisku.

V ďalšej časti pracovník pracuje pod dozorom inštruktora a na základe toho sleduje zhodnotenie, či pracovník je schopný vykonávať práce samostatne na dielni.

Po úspešnom zaškolení pracovníkov (ak ide o procesy pracovné, napr.) a zaradení pracovísk na dielňu sa považuje nová pracovná metóda za zavedenú, je však potrebné dosiahnuť toho, aby bola zachovaná v pôvodnej forme. Je dovolené zavádzať prvky a zmeny, ktoré môžu kladne ovplyvniť pracovnú metódu, avšak pred rozhodnutím o tom musí to posúdiť racionalizátor práce, resp. zodpovedný technológ.
V tejto etape je veľmi dôležité, aby príslušní vedúci (majster, vedúci prevádzky atď.) boli dôkladne oboznámení s novou pracovnou metódou, čím získajú aj oni presvedčenie o jej prednostiach, takže sa sami stávajú zárukou, že pôvodné návrhy a pracovná metóda sa dodržia.

Etapu zabezpečujú firemné odborné útvary zodpovedné v rámci podniku za danú činnosť podľa organizačného poriadku podniku. Činnosť kontroluje a koordinuje vedúci riešiteľského tímu prostredníctvom porady zástupcov útvarov zúčastňujúcich sa na realizácii.

Výsledkom etapy je pripravenosť na realizáciu racionalizačnej zmeny v užívateľskom útvare.

5. etapa - realizácia racionalizačných zmien

8. modifikácia metodického postupu RAPPOS,

Obsahom tejto etapy je **krok 8** metodického postupu RAPPOS i jeho modifikácie.

Výsledkom tejto etapy je realizácia racionalizačnej zmeny v pracovno-organizačnom systéme.
Po realizácii zmeny a konštatácii funkcieschopnosti, sa zmena (odchýlka) realizuje bežným spôsobom v podnikovej praxi.
V rámci úlohy sú vypracované odovzdávajúce protokoly a dokumentácia, vrátane technicko-ekonomických podmienok, príslušným útvarom povereným údržbou, ďalším využívaním a rozširovaním pôsobnosti danej metódy, techniky, postupu a pod.
6. etapa - hodnotenie realizovaných zmien
Obsahuje kroky:
hodnotenie dôsledkov racionalizačných zmien,
riešenie korektívnych zmien,
kontrola fungovania racionalizovaného POS podľa metodického postupu RAPPOS a jeho modifikácie.
kontrola fungovania racionalizovaného pracovno-organizačného systému.

Jedna sa o sledovanie plnenia požadovaného cieľa zmeny spravidla počas jedného roka, kedy sú dané opatrenia sledované a na základe toho odstraňované poruchy a chyby, resp. vylepšované pôvodne realizované opatrenia na základe skúsenosti v praxi.
Po ukončení tejto etapy je racionalizačné opatrenie odovzdané do úplného používania príslušnému užívateľskému útvaru.
Vypracovaním záverečnej správy, vrátane technicko-ekonomického zhodnotenia, konečných technicko-ekonomických podmienok a účtovným uzavretím úlohy je táto považovaná za ukončenú.
Ďalšia z možností zoskupovania krokov do určitých etáp - je napr. takáto:

Zadanie a vymedzenie problémov na riešenie (krok 1; 2; 3)
Riešenie zadaného problému (kroky 4; 5; 6; 7)
Realizácia riešení (krok 8)
Hodnotenie výsledkov riešení (kroky 9; 10; 11)

Snímka 77

Postup používaný pri vymedzovaní pracovno-organizačného systému

Pri systémovom opise objektov riadenia vychádzame z ich špecifík. Systémový opis nesmie byť náhodný ani jednostranný.

Systémový opis je pomôckou skúmania (zdokonaľujúceho skúmania), musí teda spĺňať určité kritéria.

Tieto kritéria určujú teda aj hľadiska, z ktorých daný objekt riadenia skúmame. Špecifiká, ktoré chceme zdôrazniť v skúmaniach v oblasti riadenia, zvýrazňujeme pri systémovom opise názvom pracovno-organizačný systém.

Snímka 78

Pracovno-organizačný systém (POS) sa charakterizuje takto:

V porovnaní s prírodnými a spoločenskými systémami, ako aj so systémami, ktorými opisujú svoje objekty skúmania rôzne disciplíny, predstavujú pracovno-organizačné systémy špecificky druh otvorených, zmiešaných systémov s dynamickou povahou. Skladajú sa predovšetkým zo sociálnych a technických komponentov.

Od úrovne ich vzájomnej súčinnosti závisí aj viac hľadisková efektívnosť ich fungovania. Táto sa hodnotí rôznymi jednotlivými a kombinovanými kritériami a parametrami. Uprednostňujú sa kritéria a parametre sociálno-ekonomickej povahy. Účasť človeka v pracovno-organizačnom systéme sa realizuje pracovným procesom, teda ľudskou prácou. Pracovno-organizačné systémy používame pre systémový opis objektov, ktoré sú predmetom skúmania pri zdokonaľovaní riadenia (ide teda predovšetkým o: pracoviská jednotlivcov a pracovných skupín, vnútropodnikové organizačné celky, vnútropodnikové procesy a pod.).

Snímka 79

Najdôležitejšie vlastnosti pracovno-organizačných systémov (POS) sú:

- **celistvosť POS**
- **kompatibilita POS**
- **adaptabilita POS**
- **Dynamickosť**
- **synergia POS**

celistvosť POS - ak sa mení jeden z jeho prvkov, menia sa aj ostatné prvky, často dochádza aj k zmenám POS ako celku,
kompatibilita POS - znamená vzájomnú zladenosť, možnosť spájania jeho prvkov medzi sebou i vo vzťahu k okoliu. Pritom z niektorého hľadiska môže byť POS kompatibilný a z iného nekompatibilný,
adaptabilita POS - reprezentuje schopnosť meniť sa spoločne s meniacimi sa internými a externými podmienkami (napr. vytýčenie novej úlohy, pribúdanie vecných a ľudských prvkov, nepriaznivý vplyv prírodných síl, resp. nedostatky v činnosti riadiaceho subjektu, poruchy v toku priamych a spätných informácií a pod.),
dynamickosť - je ďalšou charakteristickou vlastnosťou POS, čo znamená, že aspoň jeden prvok (alebo jedna premenná) závisí od času. Pracovno-organizačný systém je systém otvorený - vymieňa so svojím okolím informácie, energiu, materiály a pod. Pritom je to systém zmiešaný, zložený zo spoločenských a technických prvkov,
synergia POS - znamená, že účinok pracovno-organizačného systému ako celku je väčší ako súčet jeho prvkov, resp. podsystémov. Zdokonaľovaním usporiadania, organizáciou pracovno-organizačného systému môžeme zvyšovať synergický efekt.

Snímka 80

Systémové charakteristiky používané pri vymedzovaní pracovno-organizačného systému

- **Ohraničenie POS**
- **Okolie POS**
- **Nadsystém POS**
- **Podsystém POS**
- **Prvky POS**

Ohraničenie POS

Vymedzuje sa, čo patrí do POS a čo patrí do jeho okolia.
Poslaním je:
zjednodušiť, sprístupniť, uľahčiť štúdium objektu riadenia,
zabezpečiť úzku nadväznosť riešeného problému na ciele, ktoré sa riešením sledujú.

Okolie POS

Združuje všetky komponenty a interakcie, ležiace mimo pracovno-organizačný systém, ktoré majú určitý súvis a vplyv na fungovanie POS z hľadiska cieľa skúmaní.

Nadsystém POS

Reprezentuje špecifickú časť okolia POS, ktoré najväčšou bezprostrednosťou pôsobí na jeho fungovanie. Spravidla predstavuje nadradený celok, zložený zo systémov nižšieho radu, t. j. z viacerých POS.

Podsystém POS

Označuje relatívne autonómnu časť POS. Možno ho členiť stupňovite (ako nadsystém).

Prvky POS

Predstavujú elementárne jednotky, ktoré ďalej nečleníme (pri danej rozlišovacej úrovni ďalej nedelená časť celku). Vymedzenie prvkov závisí od zvoleného hľadiska pre definovanie POS, od zvolenej rozlišovacej úrovne, ako aj od organizačného stupňa v hierarchickej štruktúre POS. Napomáha ozrejmiť štruktúru POS.

Ohraničenie prvkov a podsystémov POS

Vymedzujú sa priestorové, časové, resp. funkčne. Ohraničením sa upresňujú komponenty štruktúry (t. j. prvky a podsystéme). Zisťuje a meria sa analogicky ako sa ohraničuje POS. Upresňuje vymedzenú (vymedzovanú) štruktúru POS.

Prostredie POS

Ozrejmuje vlastnosti vnútorného prostredia POS po stránke hmotnej i nehmotnej.

Interakcie

Vyjadrujú vzájomné súvislosti, vzájomné pôsobenie medzi komponentmi (prvkami, subsystémami) POS, ako aj medzi POS a jeho okolím. Na ich základe sa lepšie dá vysvetliť správanie sa POS a jeho komponentov, ako aj hodnotiť fungovanie POS.

Štruktúra POS

Je výslednicou uplatnených charakteristík nadsystém POS, podsystém POS, prvky POS. Doplňuje sa charakteristikou vlastností komponentov POS a ich interakčných pôsobení. Vymedzením štruktúry POS sa plní prvý základný krok systémového prístupu. Znázorňuje sa adekvátnymi výrazovými prostriedkami, modelmi (napr. schematickými, sieťovými, maticovými, aj zložitejšími).

Organizácia POS

Ozrejmuje spôsob priestorového, časového a funkčného usporiadania štruktúry POS. Reprezentuje doplnkovú charakteristiku štruktúry POS. Rôznorodé organizačné usporiadania POS dávajú rôzne možnosti efektívneho fungovania POS. Úzku súvislosť a nadväznosť majú štruktúra, organizácia a fungovanie POS. Znázorňuje sa organigramami, modelmi operačného výskumu, kombinovanými modelmi.

Vstupy do POS

Identifikujú, kde, čo, ako, odkiaľ vstupuje do POS z jeho okolia. Diferencujú sa podľa povahy (informačné, finančné, personálne, energetické, materiálové atď.).

Výstupy z POS

Zvýrazňujú výsledok fungovania POS, a to ako v polohe žiaducich, tak aj nežiaducich výstupov. Pri štúdiu POS poskytujú odpoveď na otázku čo „produkuje“ POS, čím pôsobí spätne na svoje okolie.

Transformačný proces POS

Ak vstupy charakterizujú, čo vchádza do POS a výstupy, čo vychádza z neho, tak transformácia, ktorá prebieha v POS charakterizuje, ako POS premieňa vstupy na výstupy.

Cieľ POS

Charakterizuje systém (alternatívne len množinu) cieľov, ktoré má POS dosahovať svojím fungovaním. Vyjadruje sa súborom viac hľadiskových (a vzájomne prepojených jedno hľadiskových) kritérií, pomocou ktorých možno posudzovať, či POS plní vytýčené ciele, alebo nie; nakoľko úspešne, efektívne a pod.

Funkcia POS

Presnejšie vymedzuje, čo a ako má POS plniť v nadväznosti na cieľ. Diferencuje sa vzhľadom na súbor funkcií. Ide o doplňujúcu charakteristiku. Vyjadruje sa mernými jednotkami využitými pri vymedzení cieľa. Dokresľuje účel, poslanie POS.

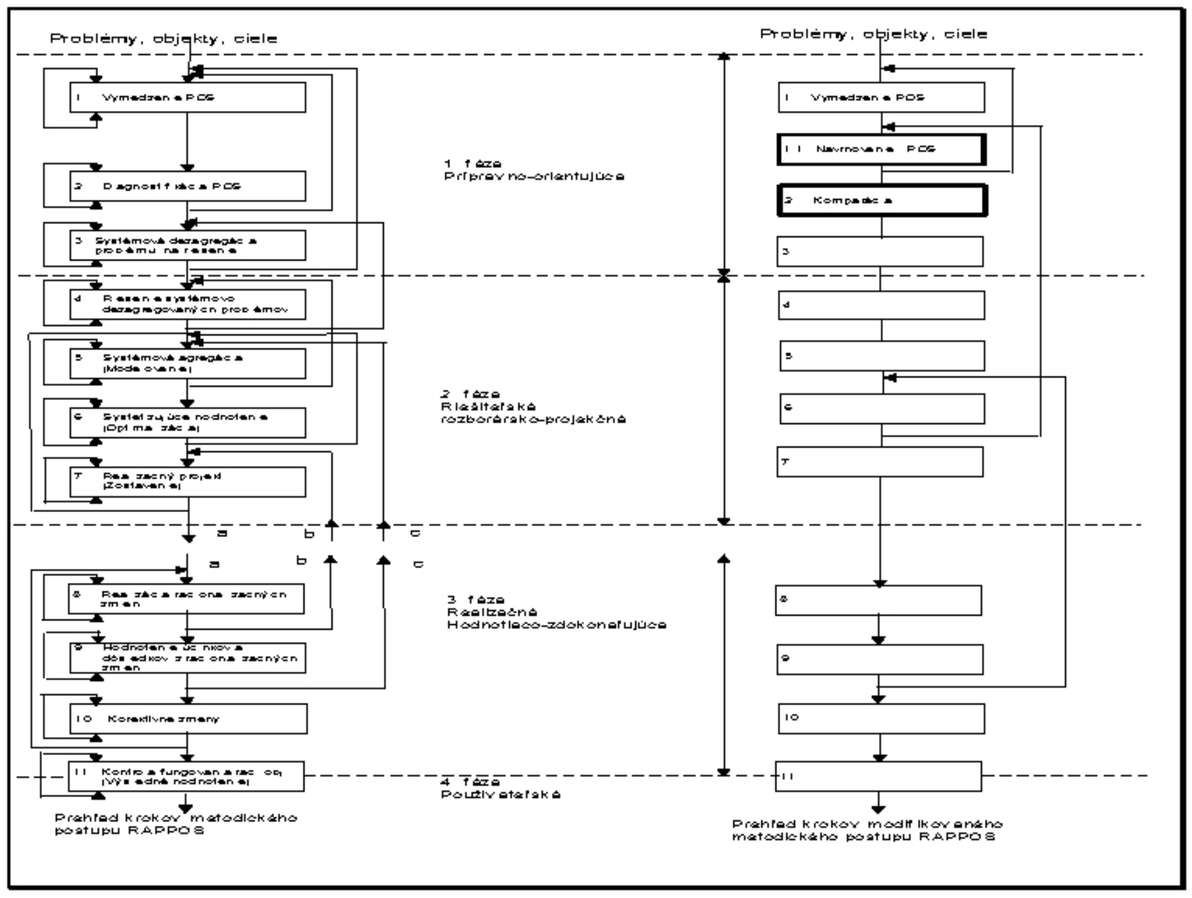
Riadenie POS

Fungovanie POS nemôže byť živelné. Prebieha v ňom riadenie, ktoré môže mať povahu autoriadenia. Vymedzené komponenty POS však môžu mať zvláštne postavenie s funkciou riadiť. Na druhej strane nadsystém pôsobí taktiež riadiaco na POS. Môže dochádzať k rôznym formám a typom riadenia. Umožňuje vysvetľovať nielen danosti, ale aj ďalšie vlastnosti POS.

Správanie POS

Celkovo zvýrazňuje vlastnosti POS vzhľadom na jeho reagovanie na pôsobenie okolia, resp. nadsystému (impulzy vstupmi) a na odozvy, reakcie na východiskové impulzy výstupmi.

Snímka 81



Prehľad krokov metodického postupu RAPPOS
v pôvodnej a modifikovanej podobe

Snímka 82

Navrhovanie - projektovanie procesov

Postup pri projektovaní - tvorbe a dokumentovaní procesov

Výber postupu pri projektovaní a zdokonaľovaní procesov.

Vymedzenie procesov, hierarchizácia procesov, ich modelovanie a väzby

Dokumentovanie procesov

Pri navrhovaní - projektovaní vnútro firemných procesov - opierajúc sa o systémový prístup - v podstate ide o to, aby v danom procese boli obsiahnuté - vzhľadom k jeho žiaducemu cieľovému správaniu sa a plneniu stanovených funkcií - všetky potrebné prvky, v potrebnom objeme a kvalite a aby väzby medzi nimi boli racionálne, čoho výsledkom je výstup o stanovených parametroch, pri efektívnom priebehu procesov.

Sledujúc tento cieľ, je nevyhnutné procesy dokumentovať. Pri tvorbe procesov je nevyhnutné stanoviť a dokumentovať rozhodujúce (kritické) parametre jeho štruktúry, majúce významný vplyv na výstupy procesov i ich priebeh, od čoho odvodzujúc stanovíme a zdokumentujeme rozhodujúce parametre vstupov do procesov. Toto je základné - východiskové - riešenie procesov.

Tým, že sú tieto parametre stanovené a dokumentované, čo je základná požiadavka, je možné ich navrhovať - projektovať, je možné ich v ďalšom období podrobovať analýzam a na základe týchto zdokonaľovať. Uvedeným dokumentovaním procesov vytvárame podmienky pre stanovovanie príčin nesúladu, pre riešenie s tým súvisiacich problémov i pre vyčísľovanie nákladov na nadpráce s tým súvisiace, čo v konečnom dôsledku je znova zdokonaľujúce riešenie.

Prínosom tohoto prístupu je aj disponibilita platnej predpísanej dokumentácie pre operatívne riadenie procesu, pre užívateľa a to vo zvolenom procese, podprocese, či vo zvolenej časti procesu.

Postup pri projektovaní - tvorbe a dokumentovaní procesov

Výber postupu pri projektovaní a zdokonaľovaní procesov.

Zrejme každý riešiteľ využíva postupy, ktoré si osvojil, ktoré sa mu potvrdili a vedú k riešeniam.

Na základe analýzy doporučených postupov uplatňovaných v priemyselnej praxi, opierajúcich sa o systémové riešenie danej problematiky, využívajúc tiež poznatky a skúmania autorov tohoto materiálu, pri ich aplikáciách v praxi, je v tejto práci orientácia aj pri ďalších aplikáciách na metodický postup uvedený v predchádzajúcich častiach - racionalizačná analýza a projektovanie pracovno-organizačných systémov. Je možné sa pri riešeniach opierať tiež o základné postupy, t. j. **plánuj - vykonaj - prever - zdokonaľuj,** resp. **premyslí - priprav - realizuj - kontroluj - zlepšuj**.

Vymedzenie procesov, hierarchizácia procesov, ich modelovanie a väzby

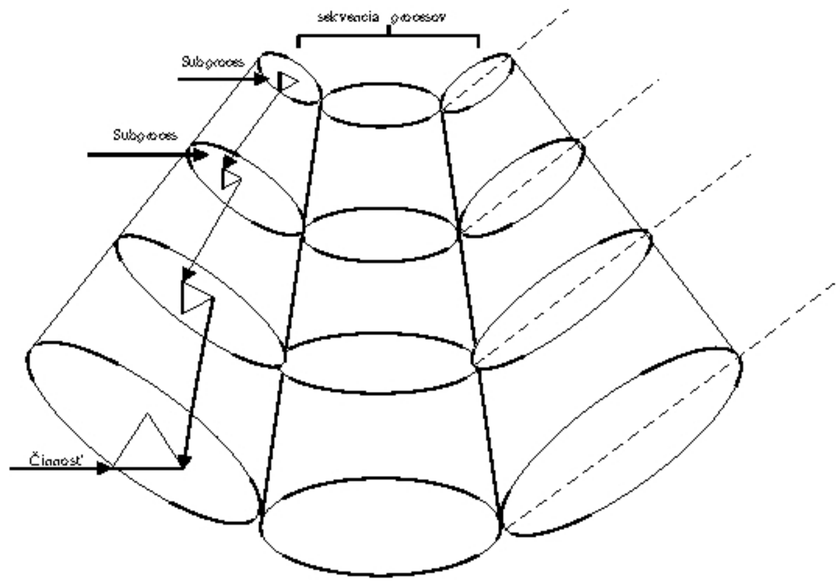
Opiera sa o systémový prístup a o súpis faktorov - ktoré majú vplyv na výsledné cieľové správanie sa procesu - pričom je výstup procesu stanovený jeho podstatnými znakmi (parametrami).
Modelovanie procesov je možné vykonávať do zvolenej podrobnosti, podmienkou však je disponibilita potrebných údajov, postupov, dokumentov a potreba danej podrobnosti podľa typu výroby (kusová, sériová, hromadná).

Dokumentovanie procesov

V zmysle uvedeného zdokumentované procesy slúžia k ich riadeniu, k riadeniu sa pri vykonávaní činnosti súvisiacich s ich priebehom podľa jednoznačných dokumentovaných postupov a predpisov. Vďaka tomu, že sú prehľadne prístupné dotknutým pracovníkom slúžia aj k ich zdokonaleniu. Dokumentácia je založená v elektronickej podobe a prístupná užívateľovi sekvenčne i po ich hierarchických úrovniach.

Snímka 83

Model rozvíjania procesov



Snímka 84

Podnikové procesy a systémy

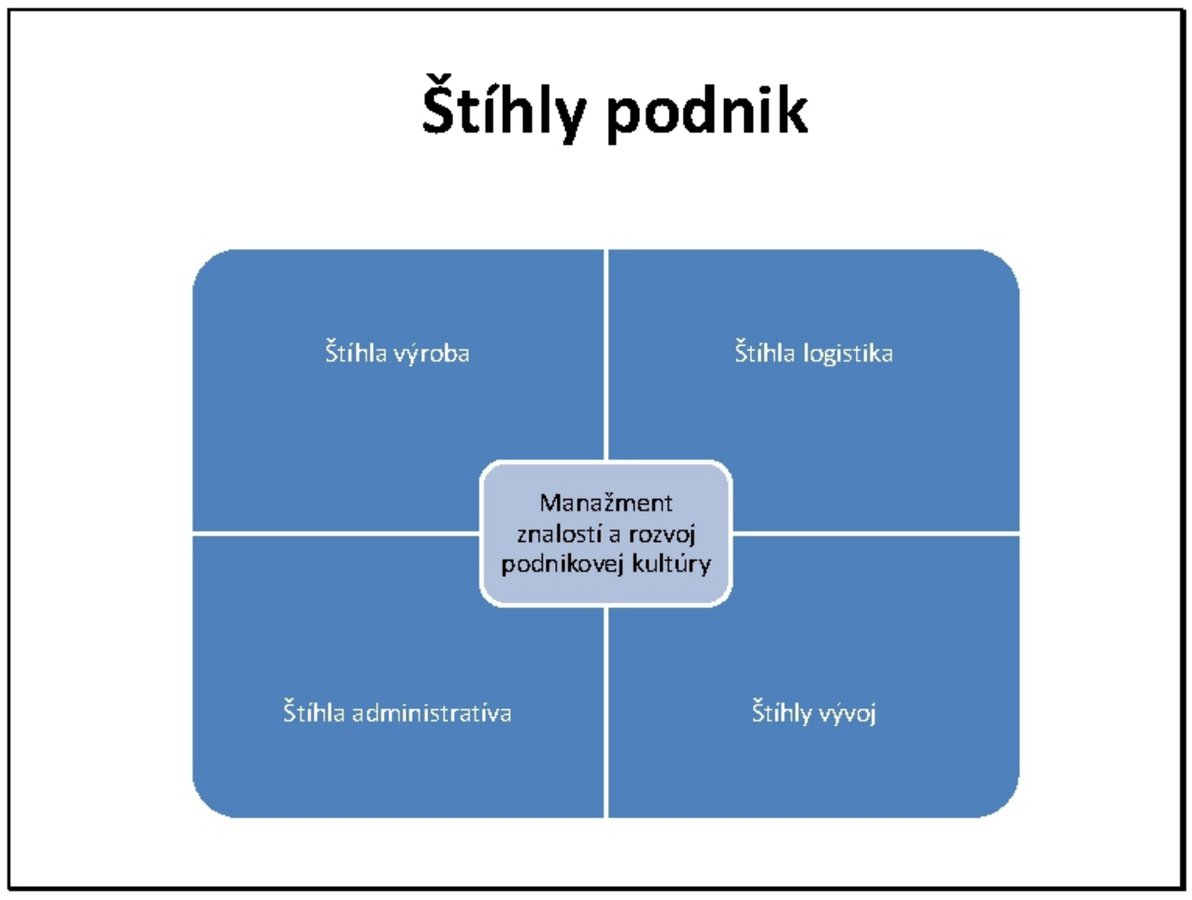
Metódy priemyselného inžinierstva

Snímka 85

METÓDY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA ZAMERANÉ NA RIEŠENIE PROBLÉMOV

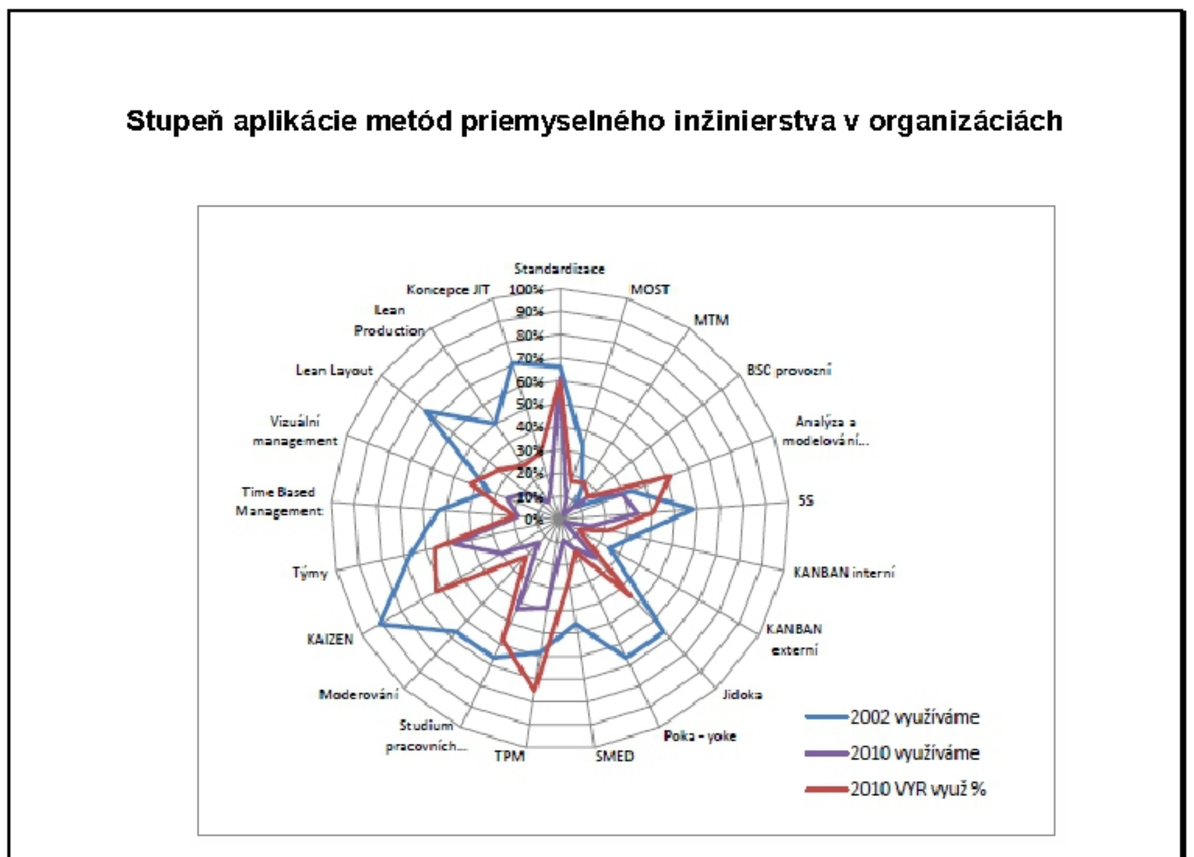
1. **Štíhly podnik**
2. **Stupeň aplikácie metód priemyselného inžinierstva v organizáciách**

Snímka 86



Konkurencieschopnosť je základnou podmienkou existencie podniku a realizuje sa ako schopnosť udržiavať a rozširovať majetok vlastníkov podniku.
V súčasnosti, k hlavným zdrojom konkurencieschopnosti v podniku už nezaraďujeme efektívne spracovanie materiálu alebo informácie do svojho produktu alebo služby. Špičkové podniky sa odlišujú od bežných podnikov hlavne tým, že majú dobre prepracovaný systém manažmentu znalostí (viď. Obrázok 1-1). Je to systém, ktorý je organizovaný a riadený pre získavanie vedomostí, ich rozširovanie z človeka na človeka, z oddelenia na oddelenie a ich neustáleho zdokonaľovania. Tento proces úzko súvisí s rozvojom podnikovej kultúry. [12]
Podniková kultúra je súbor základných predpokladov, hodnôt, postojov a noriem správania, ktoré sú zdieľané v rámci organizácie a ktoré sa prejavujú v myslení, cítení a správaní členov organizácie a v artefaktoch materiálnej a nemateriálnej povahy. [13]

Snímka 87


Stupeň aplikácie metód priemyselného inžinierstva v organizáciách
Standardizace
MOST
MTM
BSC provozní
Analýza a modelování...
5S
KANBAN interní
KANBAN externí
Jidoka
Poka - yoke
SMED
TPM
Studium pracovních...
Moderování
KAIZEN
Týmy
Time Based Management
Vizuální management
Lean Layout
Lean Production
Koncepce JIT
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
2002 využíváme
2010 využíváme
2010 VYR využ %

Snímka 88

Klasifikácia vybraných metód priemyselného inžinierstva

5S
Jidoka
JIT
Kaizen
Kanban
Kontinuálne zlepšovanie procesov
Mapovanie hodnotového toku (VSM)
Poka Yoke
Six Sigma
SMED (Single Minute Exchange of Die)
Štíhla výroba (Lean manufacturing)
Teórie obmedzení (Theory of constrains, TOC)
Jednokusový výrobný tok (one - piece flow)
TPM
TQM
Vizuálny management
WCM

Jeden zo systémov triedenia metód priemyselného inžinierstva používa Halevi: [16]
1. Racionalizácia a empirické metódy vyvinuté v priemyselných podnikoch - patrí sem štúdium metód (pre efektívnejšie využívanie materiálu, priestoru, stroja i pracovníka), merania práce (REFA, MTM, MOST), 5S, Jidoka, SMED, TPM, Poka-Yoke, VSM, apod.
2. Informatika a softvérové inžinierstvo - informačné technológie pre bezdokumentovú výmenu informácií, simulácie a pod.
3. Motivácia, nové organizačné formy, tímy, vedenie ľudí (budovanie tímov) - modelovanie, Kaizen (súťaže v zlepšovaní), dôraz na tímovú prácu.
4. Systémové inžinierstvo, projektovanie, operačný výskum - TOC, projektový manažment, optimalizácia práce a layoutu.
5. Technológie, výrobná a automatizačná technika - robotika, stroje, centralizácia skladov, dopravný systém.
Ako predloha pre systém triedenia metód priemyselného inžinierstva sa dá použiť iné delenie, a to podľa Košturiaka a Gregora. Tí rozdeľujú metódy a techniky priemyselného inžinierstva do týchto základných oblastí. [17]
1.a) Racionalizácia
b) Empirické metódy vyvinuté v priemyselných podnikoch
2. a) Informatika
b) Softvérové inžinierstvo
3. a) Motivácia, nové organizačné formy
b) Tímy, vedenie ľudí (budovanie tímov)
c) Management
4. Systémové inžinierstvo, projektovanie, operačný výskum
5. Technológie, výrobná a automatizačná technika
6. Koncepcie súvisiace s metódami PI

Snímka 89

5S

Metóda 5S vznikla v Japonsku ako súčasť Toyota Production System. Je prvým krokom pri zavádzaní štíhlej výroby. Jej podstatou je odstránenie všetkého nepotrebného z pracoviska a usporiadanie zvyšných potrebných veci tak, aby práca s nimi bola efektívna bez zbytočných prestojov. Pôvodne bola táto metóda uplatňovaná na výrobných linkách. Jej využitie je aplikovateľné vo všeobecnosti a preto je možné ju využiť napríklad aj pri skvalitnení práce v kancelárii.

Pomenovanie vzniklo na základe hlavných princípov, ktoré metóda aplikuje. Tieto zásady sú vyjadrené piatimi japonskými termínmi [18]:

Seiry (Sorting) - *Separovať* - prvým krokom je triedenie predmetov na potrebné a nepotrebné. Na pracovisku po roztriedení podľa daného systému zostanú len potrebné veci v potrebnom množstve pre vykonávanie danej práce;

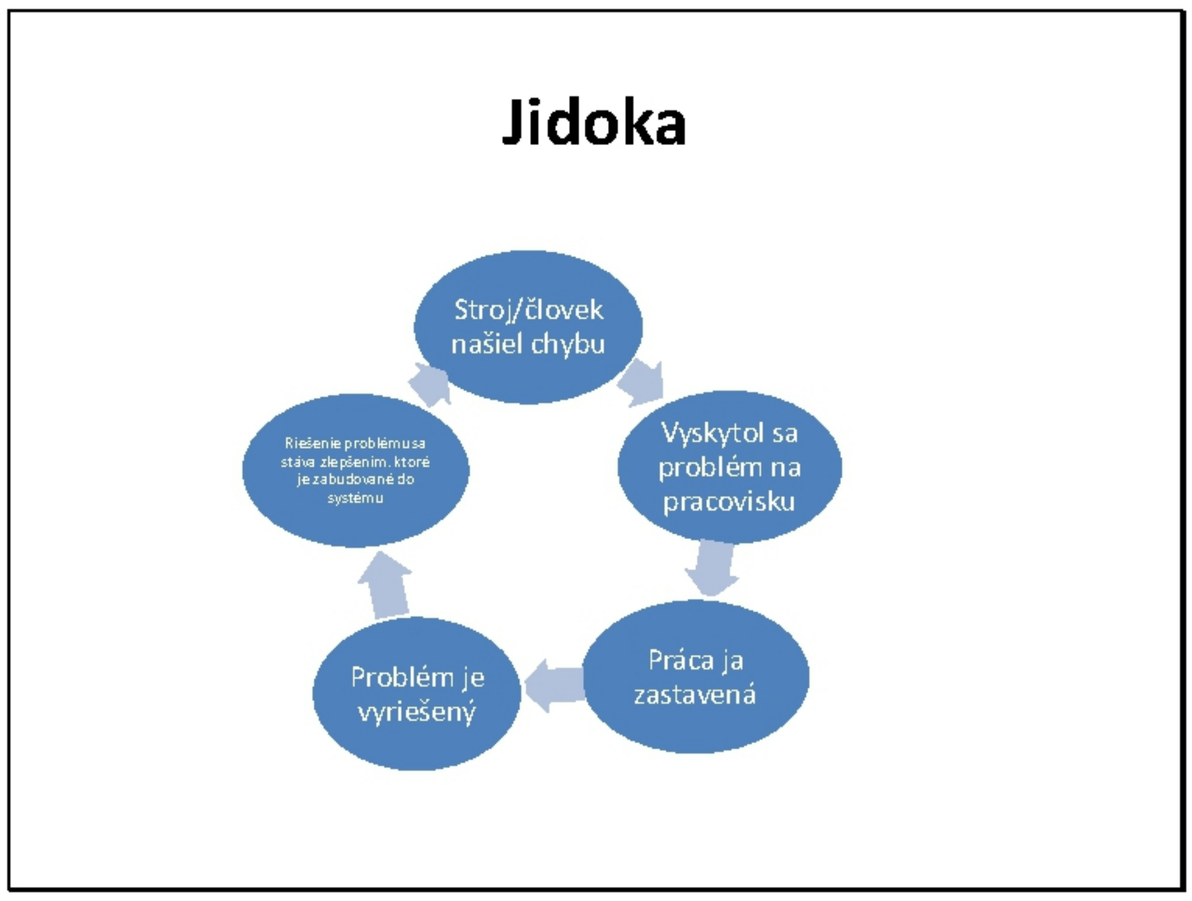
Seiton (Set in order) - *Systematizovať* - druhým krokom je určenie postupnosti pracovných úkonov a priradenie jednotlivých nástrojov k daným úkonom tak, aby boli pripravené k okamžitému použitiu bez zbytočného hľadania. Súčasťou tohto kroku je vytvorenie označenia pracoviska, t.j. označenie uloženia náradia, farebné značenie ciest a pod.;

Seiso (Shinning) - *Stále čistiť* - treťou zásadou je vrátiť všetky použité nástroje na správne miesta. Podmienkou efektívnej výroby, malých nepodarkov a nízkej úrazovosti pracovníkov je udržanie čistého a upratаného pracovného miesta;

Seiketsu (Standardizing) - *Štandardizovať* - štvrtým bodom je preškolenie pracovníkov vo všetkých vyššie spomenutých 3S. Pracovník musí mať jasnú predstavu o svojom pracovisku, ako ho má udržiavať, čistiť a kontrolovať;

Shitsuke (Sustaining) - *Sebadisciplinovať* - posledným krokom metódy je udržanie súčasného stavu a jeho neustáleho zlepšovania. Pre splnenie piateho kroku a zaistenie vytýčeného cieľa, ktorý sme si stanovili pred začiatkom aplikácie metódy 5S, slúžia audity, školenia a ďalšie spôsoby zlepšovania, ktoré táto metóda opisuje.

Snímka 90



Metóda Jidoka je ďalšou zo skupiny metód Toyota Production System. Táto koncepcia spolu s metódou Just-in-Time je základným princípom štíhlej výroby. Detekuje nedostatky a nepodarky ihneď po ich vzniku a okamžite zastavuje výrobu, pretože nepodarky sú najhorším typom plytvania, keďže náklady vynaložené na ich opravu neprinášajú žiadnu pridanú hodnotu. Príčina problému je nájdená okamžite po jeho vzniku a jej vyriešenie je následne zavedené do celého procesu, aby sa táto chyba už nezopakovala. Opakovanie tohto procesu vedie k zlepšovaniu a prináša do procesu požadovanú kvalitu. [20]

Snímka 91

Just in time (JIT)

Doprava JIT

Just in time je koncept riadenia výroby, ktorý minimalizuje stav zásob. Ako anglický názov vypovedá, polotovary, diely a všetky potrebné časti k výrobe sú na stanovište dodané presne v daný čas a v presnom množstve. Týmto ťahovým prístupom sa odstraňuje plytvanie, lebo je vyrábané na zákazku iba to, čo odberateľ potrebuje a presne v množstve, ktoré vyžaduje. Súčasťou tejto komplexnej filozofie je metóda Kanban, ktorá slúži na zabezpečenie ťahového prístupu medzi jednotlivými pracoviskami.
Základnými princípmi metódy Just in time sú [21]:
plánovanie a výroba na zákazku;
výroba realizovaná v malých dávkach;
odstránenie strát;
plynulé toky vo výrobe;
zabezpečenie kvality;
rešpektovanie zamestnancov;
odstránenie zásob a nadbytočných zamestnancov;
zabezpečenie a realizácia jasnej a dlhodobej stratégie.
Vďaka metóde Just in time sú pracoviská autonómne, výroba je pružná a bez zbytočného plytvania.

Snímka 92

Kaizen

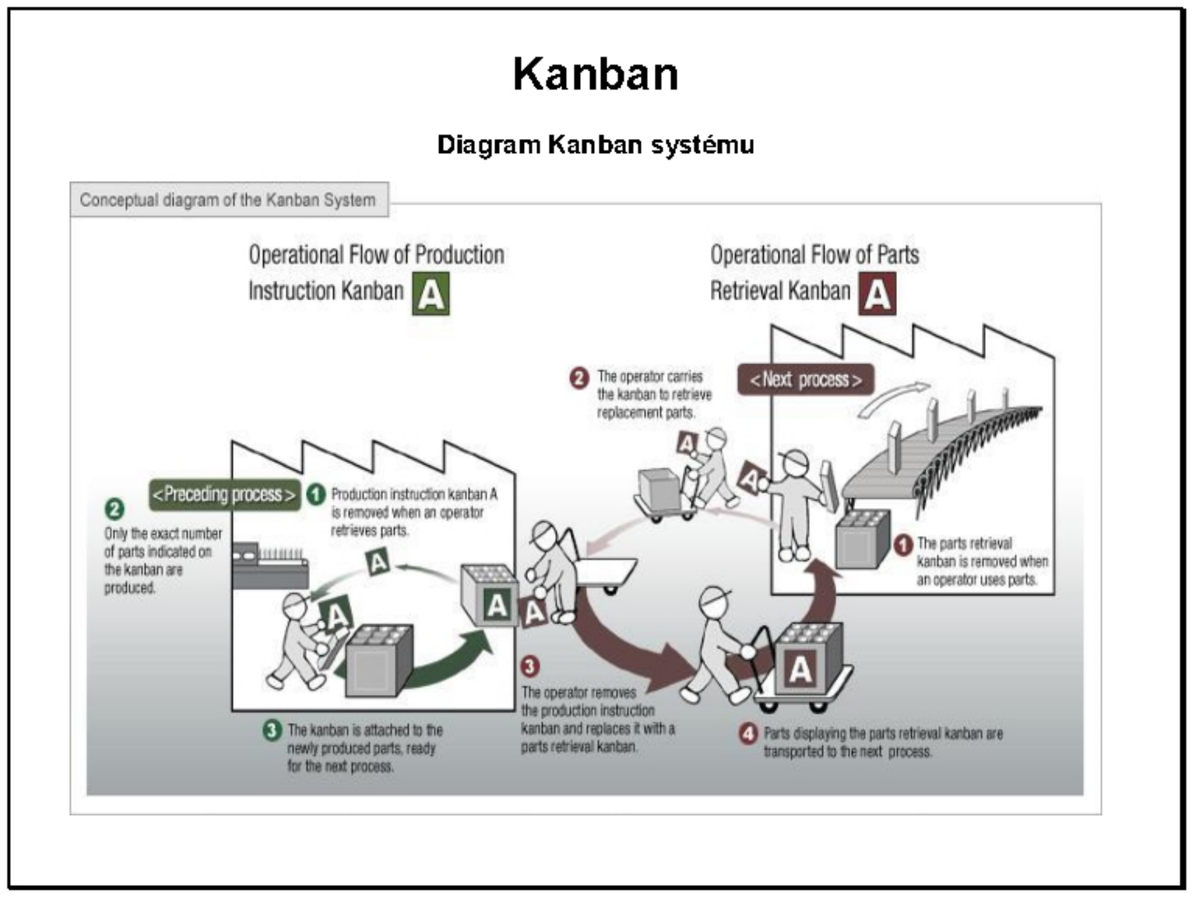
Kaizen predstavuje skôr filozofiu, spôsob myslenia, než metódu. Kaizen predstavuje filozofiu kontinuálneho zlepšovania, ktorá má svoje korene v Japonsku a siaha do obdobia druhej svetovej vojny. Súvisí s firemnou kultúrou a s tým, ako aktívne pracovníci vykonávajú svoju prácu. Nestačí len, aby pracovník vykonával to, čo musí, ale zároveň, aby premýšľal nad tým, ako prácu zdokonaliť a zlepšiť. To je hlavným princípom filozofie Kaizen.

Do tohto systému riadenia sú zapojení všetci zamestnanci, od vrcholového manažmentu až po rádových zamestnancov vo výrobe. Preto Kaizen vykazuje nielen pozitívne výsledky v oblasti produktivity a znižovania nákladov, ale aj v pozitívnej zmene firemnej kultúry a komunikácie. [22]

Vzhľadom na to, že Kaizen pochádza z Japonska, je zrejmé, že je aplikovateľný predovšetkým v japonských podnikoch (napr. Toyota). Jeho princíp sa dá preniesť aj do slovenského prostredia s vedomím, že sa nedá presne preniesť japonský model do našich firiem, vzhľadom na to, že mentalita oboch národov je veľmi rozdielna. Na budovanie filozofie Kaizen vo firmách je potreba spolupracovať so zamestnancami a vytvoriť tento systém s ich podporou, aby ho akceptovali a aktívne sa na ňom podieľali. Tu, viac ako inde, je potrebná sústavná výchova a vzdelávanie zamestnancov [22].

Jednou z veľkých výhod filozofie Kaizen je realizácia zlepšovania pomocou malých jednoduchých krokov, ktoré prinášajú kladné výsledky okamžite, čo pozitívne motivuje pracovníkov.

Snímka 93



Kanban prestavuje metódu, ktorá má svoj pôvod opäť v Japonsku. V preklade Kanban znamená štítok, kartu, či informáciu.
V oblasti PI je tento pojem v úzkom spojení s pojmom štíhla logistika.
Koncept štíhlej logistiky sa snaží odstrániť činnosti spojené s prepravou, manipuláciou a skladovaním, lebo to sú aktivity bez pridanej hodnoty a zákazník za nich nie je ochotný zaplatiť.

Snímka 94

Kanban karta

Systém KANBAN kariet umožňuje eliminovať sklady vďaka ťažnému princípu výroby, a tým znižovať náklady.

Snímka 95

Kontinuálne zlepšovanie procesov

Nikdy nekončiaca snaha o elimináciu všetkých druhov plytvania formou zavádzania produktívnejších postupov, vytváranie lepších pracovísk, navrhovanie a výrobu kvalitnejších výrobkov a zvyšovanie podielu činností s pridanou hodnotu. Obvykle má formu nejakého podnikového programu orientovaného na jednotlivca či tímy.

Snímka 96

Mapovanie hodnotového toku (VSM)

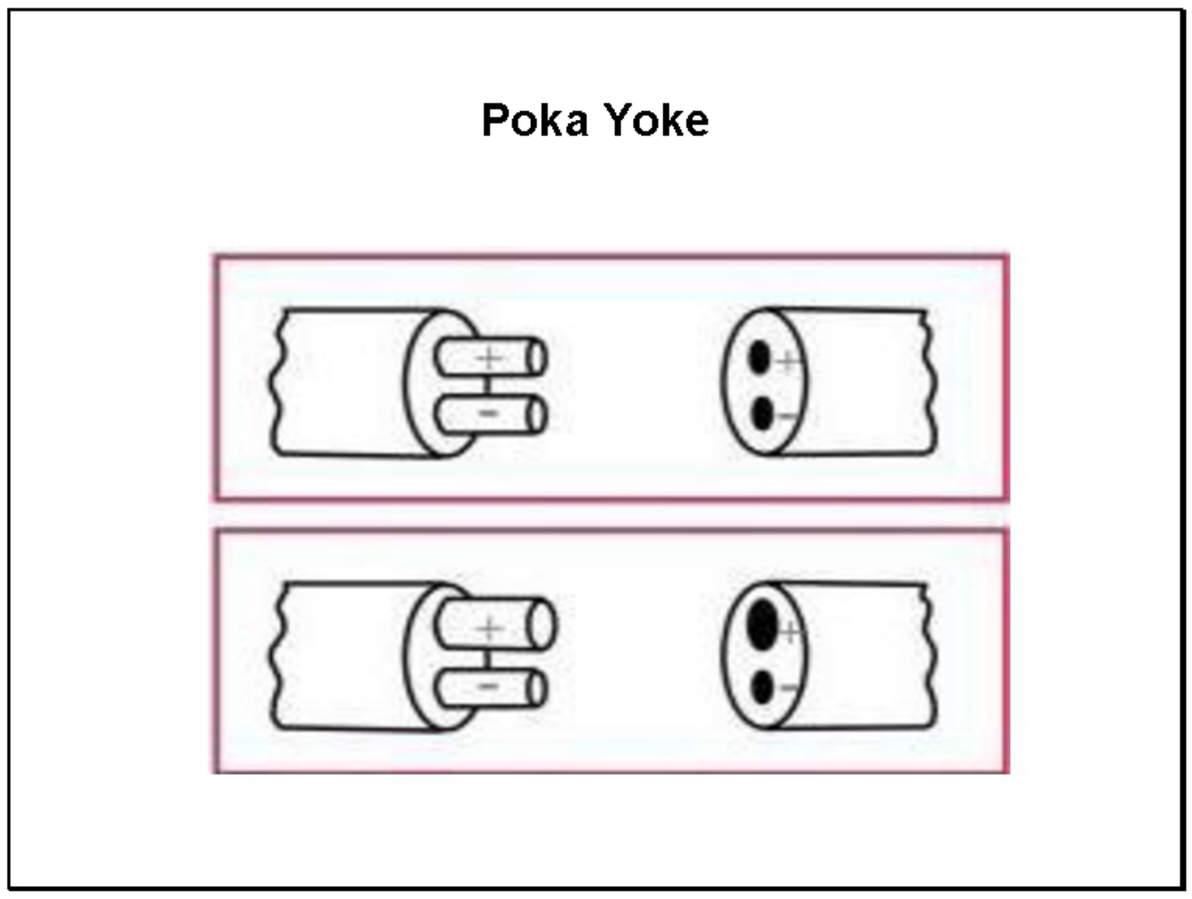
Postup mapovania toku hodnôt:

- výber výrobkovej rady
- znázornenie súčasného stavu
- znázornenie budúceho stavu,
- realizácia.

Mapovanie toku hodnôt je základná technika pri prechádzaní podniku na štíhlu výrobu. Zameriava sa na podnikový tok hodnôt. Pod pojmom hodnota si možno predstaviť pomer medzi užitočnými vlastnosťami produktu a jeho nákladmi. V tomto chápaní je nutné si uvedomiť, že pojem hodnota pre zákazníka znamená niečo, za čo je zákazník ochotný zaplatiť [25].

VSM je rýchly a jednoduchý nástroj, prostredníctvom ktorého sa opisujú informačné a materiálové toky v podniku. Hlavnou úlohou tejto metódy je identifikácia možných príčin zbytočného plytvania a odstránenie týchto príčin. Princípom tohto nástroja je zaoberanie sa otázkou v podniku, akým iným spôsobom, lepšie a efektívnejšie zabezpečiť súbor funkcií, ktoré plnia analyzovaný výrobný proces. Metóda VSM je počiatočnou analýzou pre simuláciu, zmenu organizácie výroby a práce, optimalizáciu materiálových tokov, redukciu zásob a rozpracovanej výroby a tiež je vstupným auditom pre realizáciu ťahového systému riadenia výroby [26].

Snímka 97



Poka Yoke v preklade znamená "chybu-vzdorný". Idea spočíva v predchádzaní chýb, v prevencii. Poka Yoke prístup zaisťuje správne podmienky pre vykonávanie procesných krokov spravidla ešte pred ich realizáciou. Zjednodušene povedané, Poka Yoke pomáha vykonávať pracovníkom prácu správne hneď na prvý pokus. Metóda sa najčastejšie používa vo výrobných procesoch spojených s hromadnou výrobou. Realizácia prebieha za pomoci jednoduchých prípravkov, napr. zabezpečenie správnej polohy vkladania výlisku pomocou kolíkov, či iného mechanického prípravku, ktorý umožní len jednu polohu vkladania výrobku. Ďalším príkladom môže byť farebné i tvarové odlíšenie zástrčiek pre rýchlu a presnú montáž bez chýb. Súčasťou metódy je aj automatizované zisťovanie chybných výrobkov pomocou rôznych spínačov (mikrospínače, fotoelektrické spínače a pod.). Po ukončení snímania výrobku nasleduje svetelná alebo zvuková signalizácia, ktorá pracovníkovi ukáže správnosť prevedenia, popr. chybnosť výrobku.

Snímka 98

Six Sigma

Postup metódy je založený na piatich krokoch zlepšovacieho procesu DMAIC:

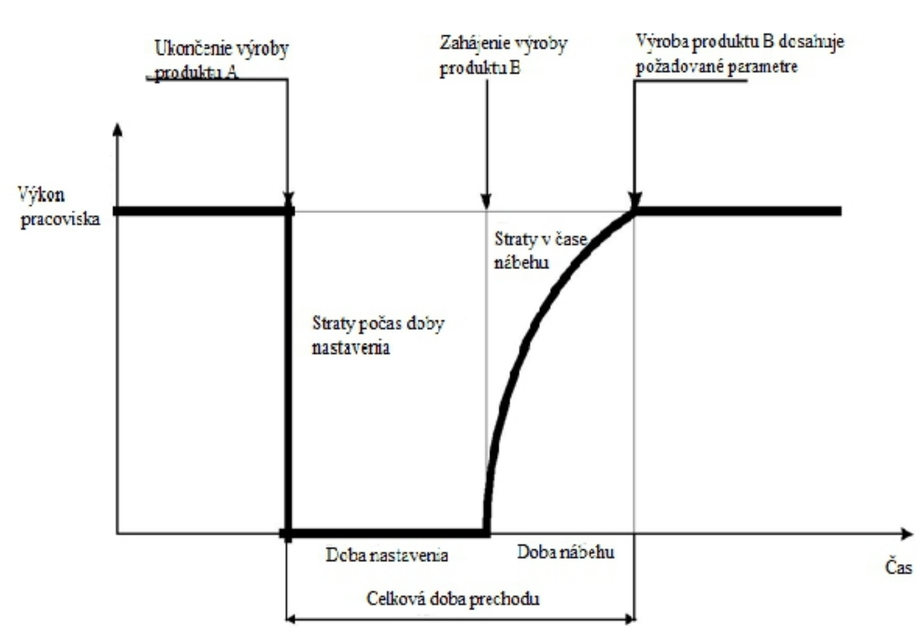
- D = define (definovať);
- M = measure (merať);
- A = analyze (analyzovať);
- I = improve (zlepšiť);
- C = control (skontrolovať).

Metóda Six Sigma je založená na princípe redukcie chýb v podnikových procesoch. Táto filozofia, ktorá sa zrodila vo firme Motorola, pracuje s faktom, že máme 6 štandardných odchýlok. Ak podnik generuje svoje produkty dokonale v zhode so Six Sigma, môže vzniknúť len 3/4 produktov z celkového počtu jedného milióna produktov (tj. 1 milióna príležitostí), ktoré nezodpovedajú požiadavkám zákazníka. [28]
Metóda nie je aplikovateľná jednorazovo, ale jedná sa o neustále zlepšovanie zahŕňajúce aj niektoré známe postupy a metódy, napríklad metódy z TQM (Total Quality Management). Jej použitie je veľmi široké a nie je nutné ju aplikovať iba vo výrobných podnikoch. Ak firma dosiahne úroveň Six Sigma, je to signálom, že podnik je na veľmi vysokom stupni v oblasti výkonnosti a kvality. [29]

Snímka 99

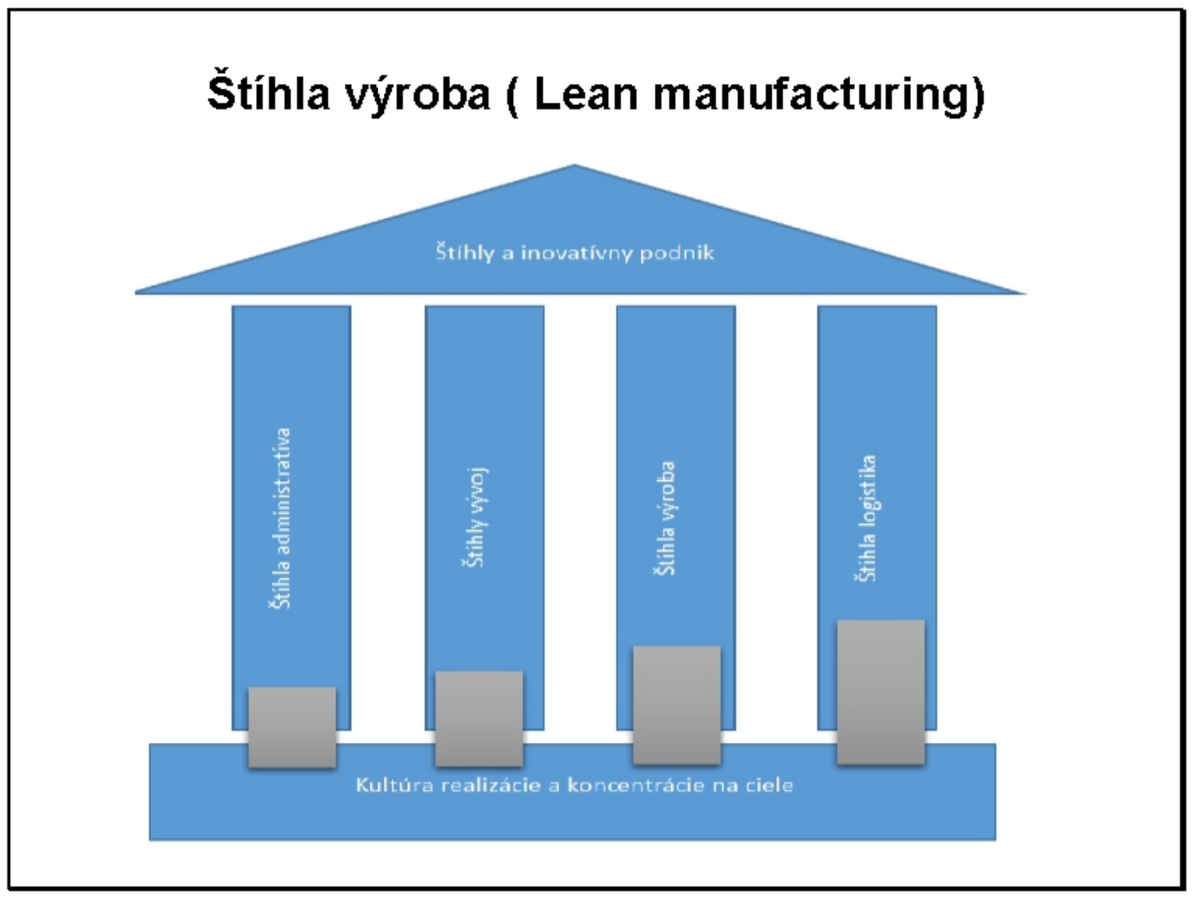
SMED (Single Minute Exchange of Die)

Graf prestavovacieho času



Metóda SMED (Single Minute Exchange of Die = v širšom slova zmysle voľne preložený ako výmena raznice nástroja v jednocifernom minútovom poriadku - v čase 1 až 9 minút). Vznikla pri skúmaní prestavovania časov na veľkých lisoch. Jej autorom je jeden z otcov výrobného systému Toyota a významný priemyselný inžinier Shigeo Shingo. Jedná sa vlastne o metodológiu skracovania a štandardizácie prestavovacích procesov. Označil ju ako,, revolúciu vo výrobe ". Umožnila prechod k malosériovej výrobe.
Nemalé dôsledky má SMED tiež na stabilizáciu kvality výrobného procesu, pre ktorú je správne a štandardizované nastavenie strojov a výrobných zariadení veľmi dôležitým faktorom. Okrem názvu SMED sa v literatúre zaviedol aj názov Quick changeover, teda rýchla výrobková zmena.

Snímka 100

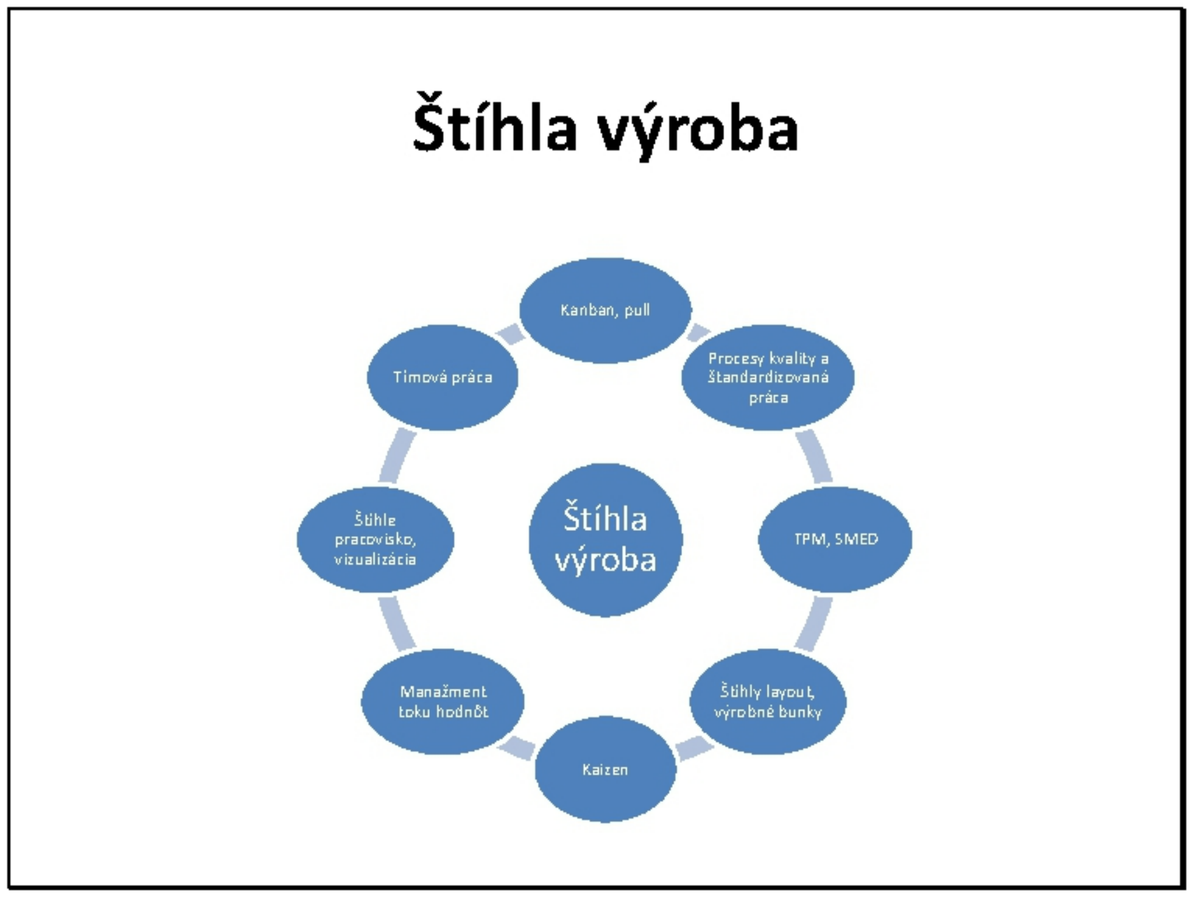


Rozlišujeme dva spôsoby dosahovania zisku. Prvý je tradičný spôsob, ktorý využíva stratégiu rastu cien. Druhý spôsob je použitie štíhlej výroby, ktorá využíva stratégiu redukcie nákladov.
a) Tradičný spôsob - podnik dosahuje určitý zisk pri konštantných nákladoch. Aby svoj zisk zvýšil, zvýši predajnú cenu. To má za následok pokles predaja práve z dôvodu vysokej ceny. Tento spôsob platí na trhu dodávateľa, kedy je prebytok dopytu nad ponukou. [26]
b) Spôsob štíhlej výroby - podnik dosahuje určitý zisk pri konštantných nákladoch, avšak na dosiahnutie vyššieho zisku zníži svoje náklady a predajnú cenu nechá rovnakú. Tento spôsob platí, keď ponuka prevyšuje dopyt. [26]
Ďalej sa budeme zaoberať len druhým spôsobom - štíhlou výrobou.
Princíp zoštíhľovania vychádza z firmy Toyota z čias masívneho rozvoja hromadnej výroby, kedy bolo potrebné vyhovieť požiadavkám zákazníkov (od rýchlosti výroby až po vysokú kvalitu výrobku) a zároveň vynaložiť na výrobu čo najmenej zdrojov, ktoré má firma k dispozícii. Konceptom celej zoštíhľovacej filozofie je dôraz na procesy, ktoré prinášajú hodnotu, ktorú je ochotný zákazník zaplatiť a zvyšné činnosti eliminuje. Od tlačného systému (výroba na sklad) sa pristupuje k ťahovému ("zákaznícky") a celý tento systém je kontinuálne vylepšovaný. Zameriava sa na odstránenie plytvania v ktorejkoľvek časti podniku.

Medzi základné princípy štíhlej výroby patrí: [31]
Ťažný plánovací princíp (pull). Systém ťahu - vyrábať len to, čo sa následne predá.
Princíp zamerania sa na podstatné aktivity a kľúčové schopnosti. Zamerať všetky interné kapacity a zdroje podniku na využitie kľúčových schopností podniku.
Princíp hodnoty z pohľadu zákazníka. Všetky aktivity sú posudzované podľa toho, či vytvára takú hodnotu, za ktorú je ochotný zákazník zaplatiť.
Princíp nepretržitosti. Zlepšovanie prebieha kontinuálne, týka sa aj spokojnosti zákazníka.
Realizácia riešenia podľa rôznych prianí zákazníka.

Princíp analýzy toku hodnôt. Starostlivá kontrola spotreby všetkých výrobných faktorov v rámci reťazca od vstupov až po zákazníka.
Princíp implementácie štíhlej výroby je zložený z piatich základných krokov[19]:
1. Špecifikovať hodnotu na koncového zákazníka, ktorú je ochotný zaplatiť;
2. Identifikovať všetky kroky, ktoré vedú k vytvoreniu tejto hodnoty, ostatné kroky najlepšie eliminovať;
3. Vytvorenie hodnototvorného reťazca, kde na seba tesne nadväzujú hodnototvorné kroky, pre uspokojenie požiadaviek zákazníka;
4. Keď je zahájený chod tohto reťazca, zákazníci "ťahajú" svoje požiadavky proti prúdu hodnotového toku;
5. Keď je identifikovaná hodnota a smer toku, dôjde k odstráneniu zbytočných krokov. Keď je tok a ťahový princíp zahájený, začína celý proces znova a pokračuje, kým nie je dosiahnutý konečný stav, ktorý je špecifikovaný vytváraním hodnoty, ktorú je zákazník ochotný zaplatiť .

Snímka 101

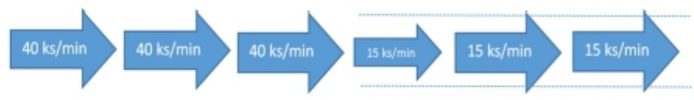


Samotná štíhla výroba (Lean Manufacturing) je popísaná v desiatkach kníh.
Prvky štíhlej výroby vedú k eliminácii tých foriem plytvania, ktoré sa v určitej miere vyskytujú v každom výrobnom systéme: [12]
Nadvýroba
Nadbytočná práca
Zbytočný pohyb
Zásoby
Čakanie
Opravovanie
Doprava
Nevyužité schopnosti pracovníkov - najväčšie plytvanie vo firme
Ak chceme obmedziť tieto druhy plytvania v podnikových procesoch, musíme ich vedieť predovšetkým identifikovať a merať. K tomu možno použiť práve jednotlivé metódy priemyselného inžinierstva.

Snímka 102

Teórie obmedzení (Theory of constrains, TOC)

Metódy TOC	**Oblasť využitia**
Drum – Buffer – Rope	Riadenie výroby
Optimized Production Technology	Riadenie výroby
Critical Chain	Riadenie projektov
Buffer Management	Riadenie výroby a projektov
Thinking Process	Riadenie zmien



Ukážka úzkeho miesta v systéme

Cieľom výrobného podniku je podľa TOC zarábanie peňazí teraz aj v budúcnosti. [32] TOC sa primárne zameriava na existenciu úzkych miest v systéme a spôsob, ako ich odstrániť. Teória obmedzení prestavuje nový netradičný spôsob myslenia. Predstavme si hodnototvorný proces ako reťaz, kde články sú jednotlivé procesy. Najslabší článok určuje silu celého reťazca. V prípade zaťaženia je pevnosť reťaze určovaná týmto najslabším článkom. Tento príklad je možné aplikovať aj na podnik. Pokiaľ tu existuje slabý článok, je hodnototvorný tok obmedzený práve týmto článkom a ak rozšírime kapacitu slabého miesta, zvýšime kapacitu celého systému. Myšlienkou TOC je podriadiť všetko úzkemu miestu. Medzi základné stavebné prvky metódy TOC patrí princíp piatich krokov.
Na základe tohto princípu sa pri zlepšovaní postupuje podľa nasledujúcich krokov: [32]
1. nájdenie slabého miesta;
2. najvyššie možné využitie identifikovaného obmedzenia;
3. podriadenie všetkého v podniku tomuto obmedzeniu;
4. odstránenie slabého miesta;
5. po odstránení úzkeho miesta sa cyklus opakuje a prechádza sa k prvému kroku.
Paralelne s týmto prístupom TOC pomáha odpovedať na otázky: [33]
čo zmeniť,
na čo to zmeniť,
ako takú zmenu realizovať.

V súčasnej dobe sa pod pojmom Teória obmedzení skrýva veľké množstvo metód a nástrojov. Ďalej poskytuje veľké množstvo odporúčaní do mnohých oblastí podnikovej reality od výroby, predaja, distribúciu až po personalistiku a stratégiu

Zhrnutím vzťahu systému a metód je zrejmé, že každý systém má obmedzenia, ktorý je potrebné riadiť pomocou metód TOC.

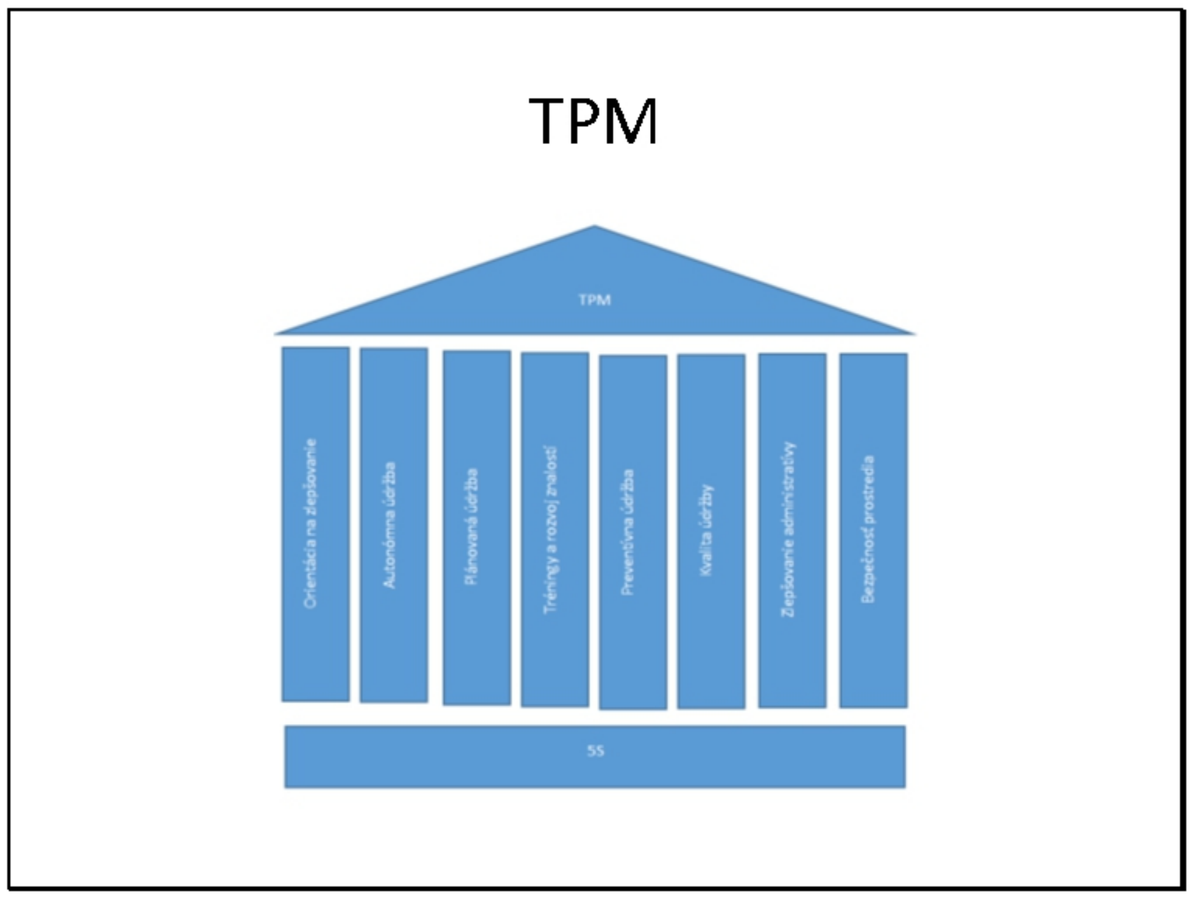
Snímka 103

Jednokusový výrobný tok (one - piece flow)

Ukážka jednotlivých operácií procesu

Spôsob výroby, pri ktorom výrobok prechádza jednotlivými operáciami procesu bez prerušovania a čakania. V daný časový okamih je teda vyrábaný na príslušnej operácii iba jeden výrobok, ktorý je bezprostredne odovzdaný na nasledujúcu operáciu. Protikladom jednokusového výrobného toku je výroba v dávkach.

Snímka 104



TPM je detailne plánovaná organizovaná údržba všetkých strojných zariadení v podniku. TPM prispieva k bezporuchovému chodu, ktorý eliminuje prestoje spojené s opravami pokazených strojov a tým znižuje výdavky na výrobu. Opravy po poruche bývajú spravidla časovo náročnejšie než revízne prehliadky a bežná údržba, ktorú v podniku so zavedenou štíhlou výrobou vykonáva obsluha stroja. Toto prevedenie čiastočnej zodpovednosti za stroj prispieva k väčšej zodpovednosti obsluhy a tým dochádza k menšiemu plytvaniu zdrojov.

Snímka 105

TQM

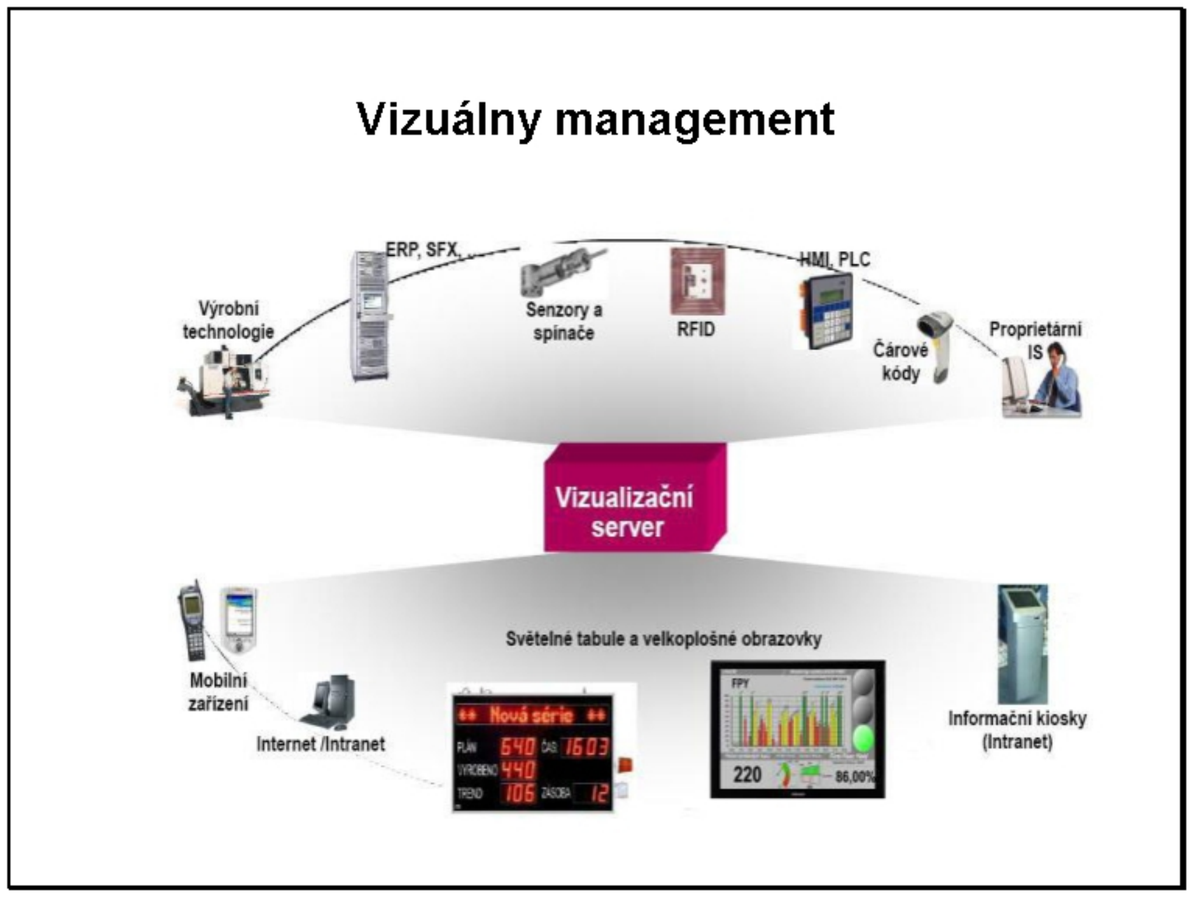
Hlavné princípy sú obsiahnuté už v názve metódy: [20]

- *Komplexné (total)* - všetci zamestnanci sú zapojení do procesu zlepšovania, bez ohľadu na akej pozícii či oddelení pracujú;
- *Kvalita (quality)* - kvalita je chápaná nielen vo vzťahu k finálnemu produktu, ale aj činnostiam a procesom v podniku;
- *Riadenie (management)* - zhrnutie všetkých stupňov riadenia (od strategického, cez taktické i operatívne) do systému zlepšovania, rovnako tak sa zapájajú aj manažérske aktivity (plánovanie, vedenie, motivácia, a kontrola).

Komplexné riadenie kvality je jedným z najviac využívaných systémov riadenia kvality v podnikoch. Hlavnou myšlienkou TQM je dodanie produktu (výrobku aj služby) v kvalite uspokojujúcej zákazníka v správnom čase a za správnu cenu.

Hlavný rozdiel medzi TQM a Six Sigma (novšie poňatie) je prístup. TQM sa snaží zlepšovať kvalitu tým, že zaistí zhodu na interné požiadavky, zatiaľ čo Six Sigma sa zameriava na zlepšovanie kvality tým, že zníži počet vád.

Snímka 106



Metóda vizuálneho manažmentu odstraňuje chyby, ktoré vznikajú na základe zlej informovanosti a nedostatočnej komunikácii. Vzhľadom k skutočnosti, že ľudia prijímajú okolo 80% informácií zrakom, je vizuálny manažment ideálnym nástrojom na prenos informácií medzi pracovníkmi. Cieľom vizuálneho manažmentu je zrozumiteľne sprostredkovať pracovníkom správne a aktuálne informácie presne tam, kde a kedy ich potrebujú.

Výrobné činnosti, merané parametre, informácie o výrobkoch či akákoľvek iná informácia sa prenáša do príslušného informačného systému. Odtiaľ sa premietajú na svetelné tabule či obrazovky. Informácie sú zobrazované v reálnom čase v prehľadných grafoch a tabuľkách. Dôležitosť jednotlivých dát je umocnená farebným rozlíšením. Softvérová aplikácia pre túto metódu je vytváraná každej firme na mieru. Nižšie uvedený obrázok vypovedá o tom, ako môže byť systém realizovaný.

Snímka 107

Gemba

Genchi gembutsu

„Ísť k podstate problému a zistiť fakty potrebné k správnym rozhodnutiam, dospieť k zhode a dosiahnuť ciele.”

Doslovný preklad „gemba/genba“ z japončiny znamená „skutočné miesto“, t.j. miesto kde sa práca v skutočnosti vykonáva, resp. tvorí sa hodnota.
Jedná sa prístup, ktorý prispieva k neustálemu zdokonaľovaniu procesov podniku tým, že pre pochopenie procesu je potrebné "ísť až k zdroju"(genchi gembutsu) problému a sám ho pre seba vyhodnotiť. Jedná sa o spôsob ako si trénovať intuíciu v reálnych podmienkach v podniku a získať schopnosť rozpoznávať problémy v reálnom čase.
Cieľom by nemalo byť kontrolovať ľudí pri nesprávnom prevádzaní pracovaných činností, ale identifikovať problémy v procesoch, aby mohol byť realizovaný proces neustáleho zlepšovania.

Snímka 108

Koncept Gemba je súčasťou filozofie známej ako „3 real“:

- ísť na skutočné miesto (gemba),
- pozorovať skutočné veci (gembutsu),
- získať skutočné údaje a dáta (genjitsu).

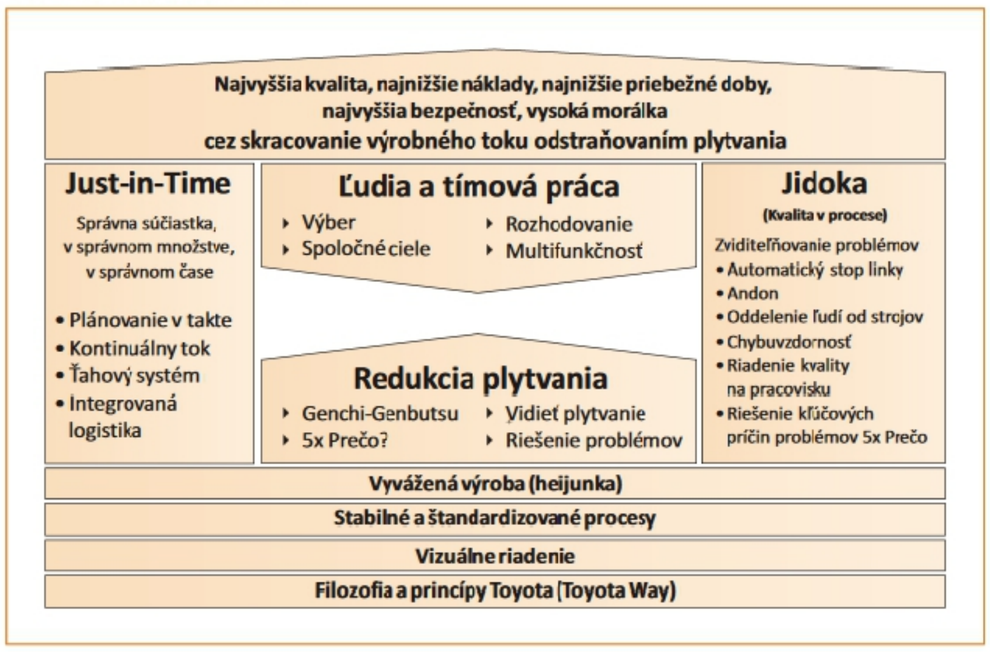
Snímka 109

Princípy koncetu Gemba:

- riešte problémy a zlepšujte procesy osobnou účasťou, spoznaním zdroja problému a overením si jeho podstaty na údajoch a faktoch, namiesto teoretizovania na základe názorov od iných ľudí alebo údajov z IT/IS systémov.
- rozmýšľajte, konajte a hovorte na základe údajov a faktov, ktoré ste si sami overili.
- aj najvyššie postavení manažéri by mali ísť a vidieť veci na vlastné oči, aby získali dobré pochopenie skutočnosti.

Snímka 110

Obr. 1. Výrobný systém Toyota



Snímka 111

Podnikové procesy a systémy

Obsah prednášky

1. TPM
2. WCM
3. PLM
4. Industry 4.0

Snímka 112

TPM

- **T – ako Total (za účasti všetkých zamestnancov organizácie)**
- **P – ako Productive (efektívnosť údržby a výrobných zariadení, neustále zdokonaľovanie)**
- **M – ako Maintenance (udržovanie strojov a zariadení v dobrom technickom stave)**

Už od počiatku ľudstva sme hnaní neustálou snahou o poznanie a zdokonaľovanie vecí, ktoré síce fungujú, ale my chceme aby fungovali lepšie a aby sme z nich mali väčší úžitok.
To isté platí aj v priemysle. Požiadavky výrobcov a ich odberateľov sú čoraz vyššie a preto sú nútení zefektívňovať výrobu, aby sa mohli produkovať výrobky danej kvality v čo najkratšom čase. To však bez správnej údržby môžeme dosiahnuť len veľmi ťažko. Údržba je pre daný stroj alebo zariadenie veľmi dôležitá preto, aby ich udržiavala v bezporuchovom stave čo najdlhší čas a aby znížila riziko vzniku neplánovaných prestojov na minimum. Veľmi dôležitá je však aj úspora či už materiálu, financií a v neposlednom rade aj času výroby.
Dosiahnuť tieto ciele nám môže pomôcť zavedenie systému TPM do výroby. Jeho zavádzania síce trvá dlhší čas, no v porovnaní s úsporou, ktorú môžeme dosiahnuť, je to zanedbateľné.

K zvyšovaniu efektívnosti výrobného systému a udržaniu konkurencieschopnosti podniku existuje v dnešnej dobe niekoľko moderných prístupov. Nepretržitý proces zlepšovania činností sa týka aj úseku údržby, kedy je pre podniky dôležité si uvedomiť jej význam pre zvyšovanie produktivity práce a znižovanie nákladov. A práve údržbou na celopodnikovej úrovni sa zaoberá metóda Total Productive Maintenance (ďalej len TPM). TPM predstavuje súčasť výrobnej filozofie podniku, ktorý zahŕňa všetky útvary podniku a predstavuje vzájomné prepojenie údržby a výroby s technickým zabezpečením konštrukcie a technológie. [1]
Prístup filozofie TPM je opačným postojom k prístupu Fredericka Winslow Tayolora, ktorý sa usiloval o maximálne odľudštenie práce. Práve Fordove pásy hromadnej výroby, vtedy reprezentujúce vrchol myšlienok vedeckého riadenia, boli obsluhované pracovníkmi vykonávajúcimi naučené pohyby, rutinou vedené k dokonalosti. Všetky pohyby robotníka bolo možné podrobne analyzovať a upraviť tak, aby robotníkom vykonávane operácie nevyžadovali špecifickú zručnosť, či zvláštnu kvalifikáciu. V podnikoch hromadnej výroby boli robotníci považovaní za nemysliace stroje, od ktorých sa vyžadovalo, aby vykonávali predpísané úkony presne a kvalitne. [2] Naproti tomu pri TPM ide o prekonanie tradičného

delenia pracovníkov na tých, ktorí daný stroj obsluhujú a na tých, ktorí ho udržujú a opravujú. Dôvodom je fakt, že práve pracovník pri stroji má možnosť ako prvý zachytiť funkčné abnormality stroja a prípadné zdroje budúcich porúch. V rámci TPM dochádza k presunu čo najväčšieho počtu diagnostických a údržbárskych činností z útvaru údržby priamo do úseku výroby, na robotníkoch pri strojoch až po výrobné tímy. [3]

Snímka 113

Definícia pojmu TPM

TPM bola japonským inštitútom pre podnikovú údržbu (JIPM) v roku 1971 definovaná nasledovne:

- TPM je zameraná na maximalizáciu celkovej efektívnosti zariadenia.
- TPM využíva PM analýzu v celom životnom cykle zariadenia.
- TPM je implementovaná v rôznych oddeleniach podniku (príprava výroby, výroba, údržba).
- TPM zapája do aktivít zvyšovania celkovej efektivity zariadení všetkých pracovníkov – od top manažmentu až po robotníkov v dielni.
- TPM je založená hlavne na produktívnej údržbe vychádzajúcej od vhodnej motivácie manažmentu k robotníkom a systémovej práce autonómnych tímov.

TPM je súbor aktivít zahrňujúci všetky útvary podniku s cieľom:
vytvoriť takú štruktúru podniku, ktorá zaistí maximálnu efektívnosť výrobného systému,
eliminovať poruchy, chyby a všetky ďalšie straty na zariadeniach,
zvyšovať postupne efektívnosť zariadenia,
zlepšovať zisk firmy,
vytvoriť vyhovujúce pracovné podmienky,
motivovať a zapojiť všetkých pracovníkov a všetky útvary od robotníkov po top manažment do zlepšovania,
dosiahnuť nulové straty prostredníctvom tímovej spolupráce [1].

Snímka 114

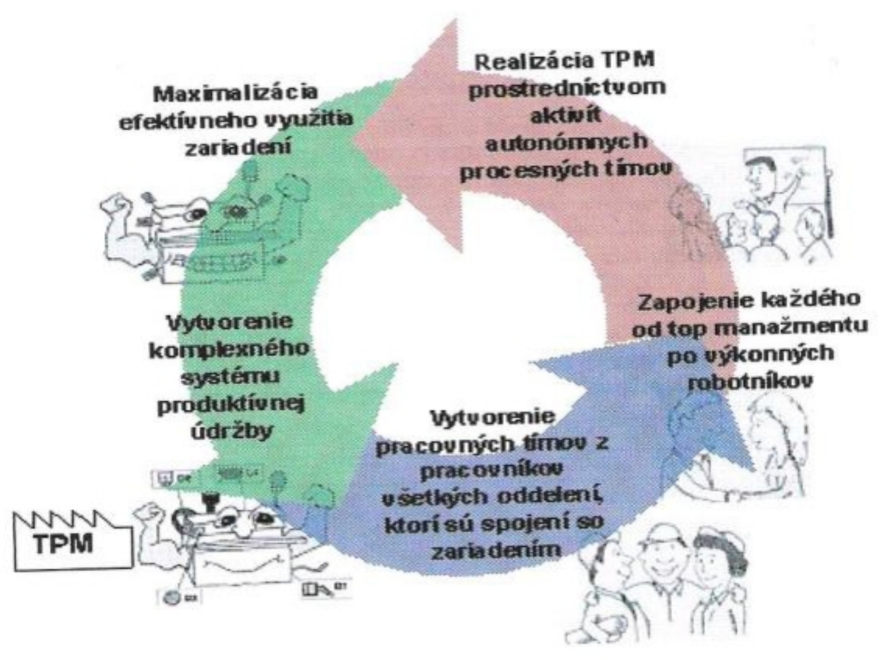
Nová definícia TPM je:

Celopodnikový systém TPM sa skladá z nasledovných piatich prvkov:

- TPM sa orientuje na zmenu podnikovej kultúry tak, aby sa dosiahla maximálna celková efektívnosť výrobného systému.
- TPM sa dôkladne zaoberá celým systémom tak, aby sa predchádzalo všetkým druhom strát na pracovisku alebo na zariadení (nulové prestoje, nulové nepodarky, nulové straty rýchlosti, nulové nehody a úrazy).
- TPM sa nezavádza iba vo výrobe a v kooperujúcich oddeleniach, ale v celom podniku vrátane oddelení nákupu, predaja, vývoja, administratívy a pod.
- TPM zapája do svojich aktivít všetkých pracovníkov podniku – od top mamažmentu až po robotníkov v dielni.
- TPM sa usiluje dosiahnuť nulové straty s pomocou činností v malých autonómnych tímoch.

Snímka 115

Päť základných prvkov TPM



Snímka 116

Čo nie je TPM?

- spôsob ako okamžite a z krátkodobého pohľadu riešiť problémy údržby zariadení,
- jednorazový postup bez následných krokov systematizácie činností,
- metóda pre tých, ktorí chcú rýchlo ukázať výsledky a potom na problém zabudnúť.

Snímka 117

Požiadavky kladené na TPM

- maximalizácia celkovej efektívnosti zariadenia,
- predchádzanie a minimalizácia všetkých druhov strát na pracovisku alebo výrobnom zariadení,
- zapojenie do procesu všetkých pracovníkov – od top manažmentu až po robotníkov,
- vytváranie pracovných tímov z pracovníkov v dielni, obsluhy, TPV, údržby, konštrukcie, nákupu, atď. – riešenie situácii formou workshopov, KAIZEN atd.,
- rozvoj činností v malých autonómnych tímoch, ich podpora a motivácia,
- neustále zlepšovanie starostlivosti o stroje a zariadenia pre ich trvalú udržateľnosť a zlepšovanie technického stavu,
- zlepšovanie komplexného produktívneho systému údržby nastavením kontrolných položiek a ich pravidelnou analýzou aj formou workshopov, KAIZENov, vhodnou motiváciou atd.

Snímka 118

Hlavné ciele TPM

- **Návrh optimálnych podmienok pre systém „človek – stroj“**
- **Zlepšenie celkovej kvality pracovného**

1. Návrh optimálnych podmienok pre systém „človek – stroj“:
Najdôležitejším a kľúčovým prvkom vzťahu v tomto systéme je vždy človek. Preňho musí byť systém prispôsobený a nastavený. Toto sa dá dosiahnuť nasledovne:
obnovením a nastavením optimálnych prevádzkových a výrobných podmienok (údržba, výroba, technológia a konštrukcia musia kooperovať pri zlepšovaní),
výrobné zariadenie musí trvalo pracovať v týchto optimálnych (definovaných) pracovných podmienkach (zodpovednosť musí byť rozdelená medzi operátora, údržbu, technológa a konštrukciu).
2. Zlepšenie celkovej kvality pracovného prostredia:
zmena správania a myslenia ľudí,
zmena zariadenia, technicky stav a čistota – mení sa postoj zamestnancov k ich práci (čistenie prechádza do kontroly zariadenia, kontrola odhalí všetky anomálie, anomálie je potrebné odstrániť alebo minimalizovať, odstránenie alebo minimalizácia anomálii má pozitívny vplyv na pracovníkov, pozitívne efekty a vplyvy vedú k hrdosti na svoje pracovisko a firmu) [6].

Snímka 119

Päť pilierov TPM

- Navrhovanie aktivít pre **zlepšovanie celkovej efektívnosti zariadení** (CEZ).
- Vytvorenie plánu **autonómnej údržby**, ktorý vykonávajú operátori zariadení.
- Vytvorenie systému **plánovanej údržby**.(životnosť, krátkodobé, strednodobé a dlhodobé plány atd.)
- **Tréning** pre zlepšenie zručností v operáciách a postupoch pre obsluhu a údržbu.
- Systém pre návrh **preventívnej údržby** a včasnú kontrolu a opravy zariadenia.

Snímka 120

Zavádzanie projektu TPM

Začiatok projektu je určený: [5]

- presne definovanými cieľmi a očakávaniami,
- definovanou víziou a stratégiou. Vedie k dosiahnutiu cieľov,
- definíciou termínov zahájenia projektu, kontroly fáz projektu a ukončenia,
- definovanými zdrojmi, plánovanými nákladmi a prínosmi pre podnik,
- presne definovanými zodpovednosťami a rozhodovacími právomocami v projekte,
- presne definovanými a objektívnymi pravidlami motivácie a odmeňovania zamestnancov

Systém riadenia TPM nie je náročný na pochopenie, ale pre fázu implementácie, je potrebný projektový prístup. Zavádzanie TPM je vlastne projektom. Vyžaduje si silného a skúseného projektového manažéra. Ten pracuje so všetkými zamestnancami v závode, od generálneho riaditeľa, až po robotníka. Dôležitým bodom úspešného zavedenia TPM je angažovanosť všetkých zamestnancov v podniku.

Zavádzanie systému TPM vyžaduje maximálnu podporu generálneho manažéra a manažmentu podniku. Tento je garantom pre úspešnosť celého projektu. Pred spustením projektu musí byť menovaný manažér projektu TPM na vrcholovej úrovni. Manažér projektu musí mať podporu od samého začiatku. Taktiež musí mať pocit istoty, že realizácia projektu je v záujme podniku, presvedčenie v úspešnosť projektu a vrcholový manažment musí projekt zadefinoval do strategických cieľov spoločnosti. Manažér projektu musí mať silného partnera vo vrcholovom vedení podniku. Naňho sa môže a musí obracať s požiadavkami a návrhmi na riešenie vzniknutých situácii vo všetkých fázach projektu.

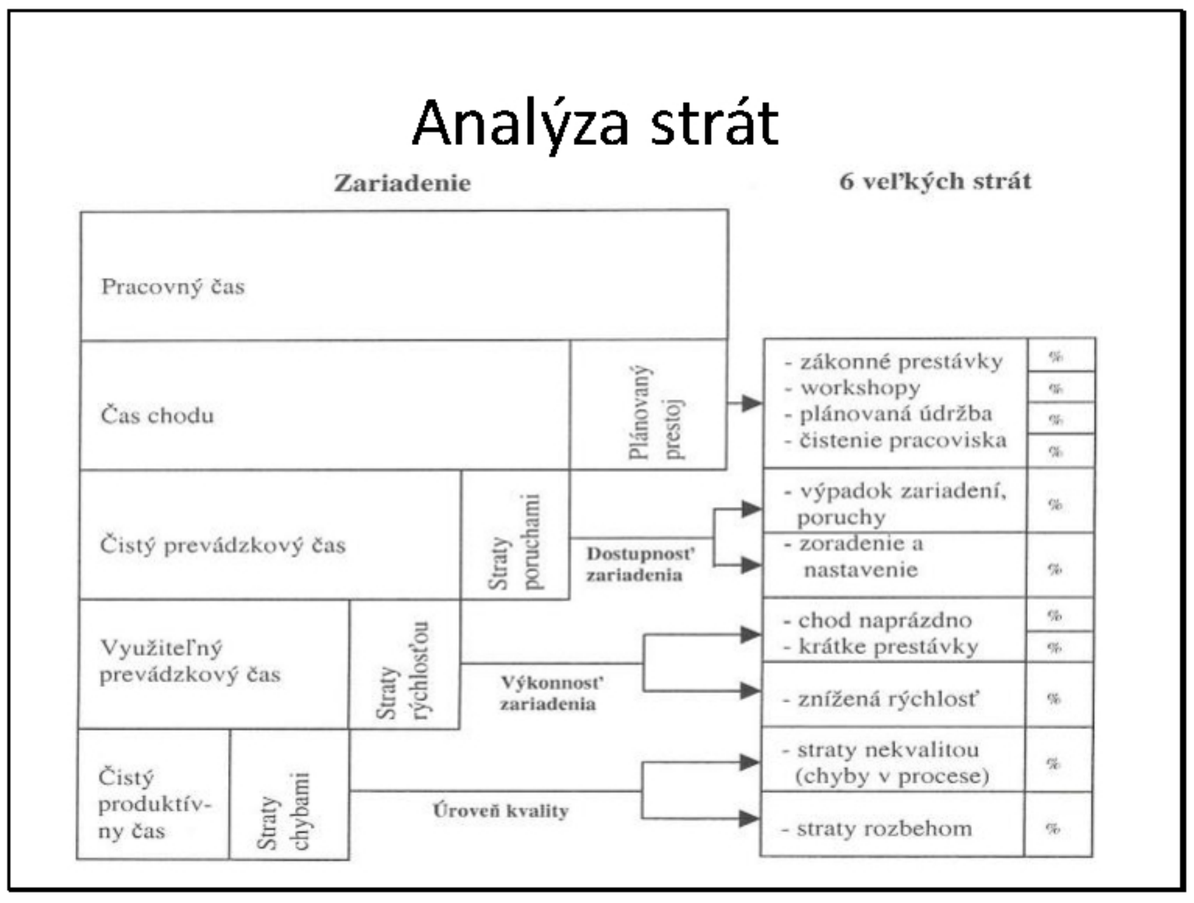
Projekt TPM zahŕňa dve základné skupiny činností:
plánovanie projektu,
riadenie a realizácia projektu.

Snímka 121

Plánovanie projektu TPM zahŕňa:

- audit a monitorovanie systému organizácie a riadenia údržby a výrobných procesov,
- analýzu strát na zariadeniach vo výrobnom procese,
- definovanie cieľov projektu, kontrolných položiek a návrh stratégie na ich dosiahnutie,
- rozpracovanie štruktúrovaného plánu činnosti projektu na jednotlivé fázy a prevádzky (prevádzkové tímy TPM)
- vytvorenie projektovej organizačnej štruktúry a zostavenie projektového tímu, definovanie tímov TPM na jednotlivých prevádzkach, ktoré riadi koordinátor TPM na prevádzke,
- vypracovanie podrobných implementačných plánov projektu zavádzania TPM, t.j. časového plánu vrátane definovania vzájomných väzieb (Ganttov diagram), návrh plánu nákladov, definovanie matice právomoci a zodpovednosti členov tímu, definovanie a tvorba zdrojov.
- návrh a špecifikácia využitia techník, metód, postupov a nástrojov pri zavádzaní projektu TPM (napr. SMED, Kaizen, tímová práca, Jidoka, vizuálny manažment, riadenie podľa cieľov, Poka – Yoke, Workshopy atď.),
- identifikáciu možných problémov, situácii, predpokladaných obmedzení a rizikových oblastí a fáz projektu, návrh riešení a spôsobov minimalizácie týchto vplyvov (napr. vytvorenie logického rámca projektu).

Snímka 122

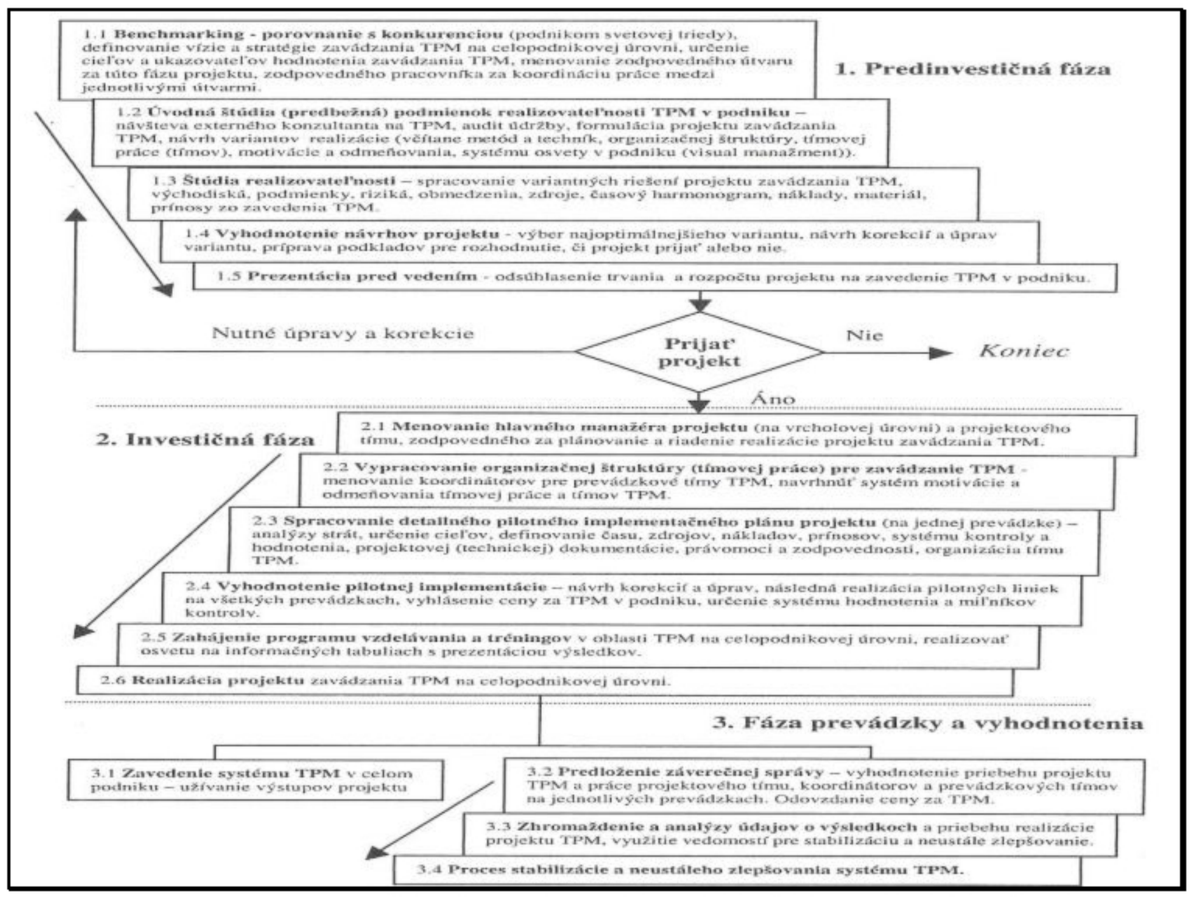

Analýza strát
Zariadenie
6 veľkých strát
Pracovný čas
Čas chodu
Plánovaný prestoj
Čistý prevádzkový čas
Straty poruchami
Dostupnosť zariadenia
Využiteľný prevádzkový čas
Straty rýchlosťou
Výkonnosť zariadenia
Čistý produktívny čas
Straty chybami
Úroveň kvality
- zákonné prestávky
- workshopy
- plánovaná údržba
- čistenie pracoviska
- výpadok zariadení, poruchy
- zoradenie a nastavenie
- chod naprázdno
- krátke prestávky
- znížená rýchlosť
- straty nekvalitou (chyby v procese)
- straty rozbehom
%

Snímka 123

Riadenie realizácie projektu TPM zahŕňa:

- realizáciu pilotných plánov implementácie projektu a koordináciu tímov TPM podieľajúcich sa na realizácii projektu,
- identifikáciu, zhromažďovanie a analýzu údajov a trendov zlepšovania,
- riadenie, kontrolu a priebežné vyhodnocovanie kontrolných položiek a ich trendov (strát na výkonoch, produkcie, kvality, nákladov), analýzu a korekciu vývoja projektu, kontrolu vývoja definovaných cieľov, termínov a čerpania plánovaných prostriedkov a nákladov pre realizačné tímy TPM,
- kontrolu, hodnotenie a motiváciu realizačných tímov TPM,
- riešenie konfliktných a neštandardných situácií medzi výrobou a údržbou,
- technickú, administratívnu a informačnú podporu projektu (realizácia vizuálneho manažmentu na jednotlivých prevádzkach a jeho aktualizácia),
- koordináciu postupnej integrácie systému TPM,
- hodnotenie výsledkov jednotlivých etáp projektu, navrhovanie nápravných opatrení a prezentáciu výsledkov etáp projektu pred vrcholovým manažmentom.

Snímka 124



Projekt zavádzania TPM môžeme rozdeliť na tri základné fázy (obr. č. 7):
Fáza predinvestičná (plánovací proces, výber vhodného variantu zavádzania TPM).
Fáza investičná (realizácia pilotných implementácií projektu na jednotlivých úsekoch, integrácia TPM do podnikového systému riadenia).
Fáza prevádzky (užívania a štandardizácie) *a vyhodnotenia* (proces stabilizácie, štandardizácie, hodnotenia, udržania a neustáleho zlepšovania).
Takéto členenie životného cyklu projektu TPM na jednotlivé etapy nemusí byť takto pevne vymedzené a je otvoreným procesom, ktorý závisí a mení sa od: existujúceho systému a už nastavenej úrovne organizácie a riadenia údržby, nastaveného systému motivácie, odmeňovania a jeho možnej flexibilite, technickej dokumentácie a jej kvalite a rozsahu, zodpovednosti za stav základných pracovných prostriedkov atď. Integrujúcimi prvkami celého projektu sú produktivita, efektivita, kvalita, náklady, čas a prínosy, ktoré sa spolu s definovanými cieľmi prelínajú celým procesom zavádzania všetkých fáz projektu.

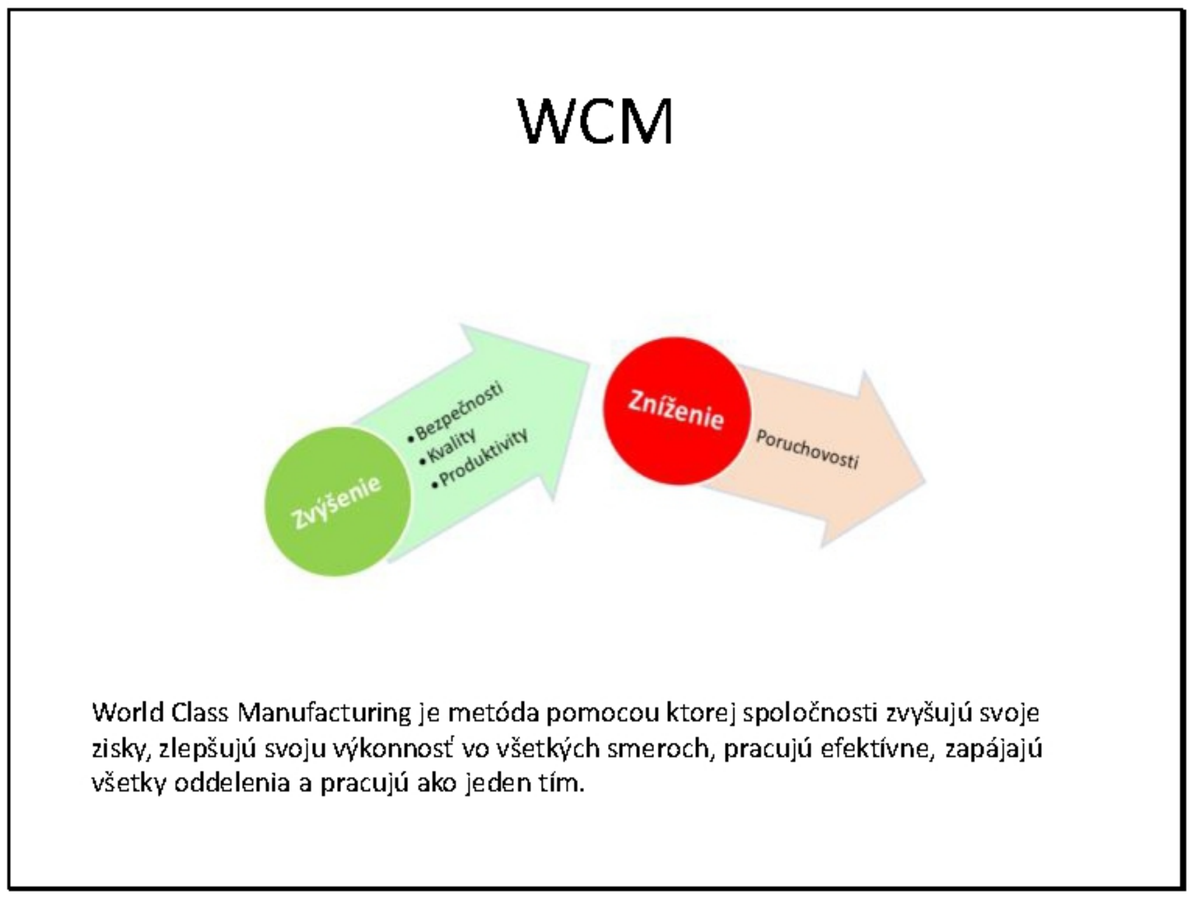
Snímka 125

Dvanásť krokov zavádzania TPM

podľa Seichi Nakajimu

Stav	Krok	Detaily
Príprava	1. Oznámenie rozhodnutia top manažmentu o zavedení TPM	TPM - prednášky a kurzy vo firme, články o výhodách TPM vo firemných novinách
	2. Štart vzdelávania a kampane pre zaradenie TPM	Manažéri: semináre, stretnutia podľa úrovní Všeobecne: prezentácia fólií a prezentácia projektu TPM
	3. Vytvor organizačne jednotky pre propagáciu TPM	Vytvor špeciálne komitéty na každej úrovni pre propagáciu TPM, vytvor centrálny útvar a priraď mu zamestnancov
	4. Vytvor víziu a politiku TPM a jeho ciele	Analyzuj existujúce podmienky, urči ciele, predikuj výsledky
	5. Formuluj hlavný plán pre zavedenie TPM	Priprav detailné implementačné plány pre týchto päť základných aktivít
Predbežná implementácia	6. TPM zahájenie	Pozvanie klientov, sesterské firmy a dodávateľov
TPM implementácia	7. Zlepší výkonnosť každého jedného zariadenia	Vyber modelové zariadenia, vytvor projektové tímy
	8. Navrhni program autonómnej údržby	Propaguj sedem krokov autonómnej údržby, vytvor zručnosti diagnózy a vytvor metódy pre certifikáciu pracovníkov
	9. Navrhni program plánovanej údržby pre oddelenie údržby	Zahrň periodickú a prediktívnu údržbu a manažment náhradných dielov, nástrojov, pracovných príkazov a plánov
	10. Zaháj a realizuj tréning pre zlepšenie zručnosti v operáciách údržby	Trénuj vedúcich spoločne, vedúci zdieľajú informácie s členmi skupín
	11. Vytvor časový program manažmentu zariadení	Preventívna údržba, komisionálna kontrola, LCC - life cycle cost analýza
Stabilizácia	12. Zlepšuj TPM implementáciu a rozšír počet úrovni TPM	Hodnoť - ceny pre produktívnu údržbu - urči vyššie ciele

Snímka 126



Prevádzka strojov v závode väčšinou prináša mnoho problémov: ťažkosti s výrobou, s údržbou, prípady nedostatočnej kvality, poruchy, ktoré vyžadujú opravu, potreba špecifických zručnosti na vykonávanie montáže, problémy pri dosahovaní OEE (Celková účinnosť zariadenia v relácii Disponibilita - Výkon - Kvalita) v krátkom čase po inštalácii zariadenia, či dodržanie bezpečnostných požiadaviek. Tieto problémy spôsobujú zvýšenie počiatočných nákladov a prevádzkových nákladov strojov, nákladov na pracovňu silu, údržbu, nekvalitu a nákladov na straty spôsobené poruchami, nehovoriac o bezpečnostných rizikách.

Znížená svetová spotreba tovarov a služieb v roku 2008 a taktiež v roku 2011 ukázala väčšine podnikom slabú flexibilitu, pripravenosť a reakciu na zmenu spotreby a podmienok na trhoch. Niektoré spoločnosti prežívali, ustáli toto obdobie, niektoré zanikli, no sú také spoločnosti, ktoré toto obdobie okamžite využili na zmeny vlastných procesov pre zvýšenie svojej efektivity. Tieto spoločnosti využitím obdobia útlmu získali nové konkurenčné výhody na svojich trhoch pre nové podmienky spotreby, čo im prinieslo lepšie pozície vo svojom podnikaní. V našej spoločnosti sme v roku 2011 mali pokles objednávok a tým výroby medziročne 30%. Obavy z vývoja dopytu po našich produktoch po prvých štyroch mesiacoch nepresných odhadov vystriedali reálne, aj keď znížené plány výroby. Tento stav vo výrobe produktov sme kompenzovali nastavovaním a zefektívňovaním procesov v oblasti výroby, technológie, organizácie, plánovania, riadenia, financií, ľudských zdrojov a samozrejme technického stavu výrobných zariadení. Zníženie výroby produktov znamenalo pre oddelenie údržby a výroby, vytvorenie priestoru pre odstávky výrobných strojov a realizáciu plánovaných činností údržby. Pri plnej výrobnej kapacite značnej časti výrobných zariadení bolo málo plánovaných odstávok, pre dosiahnutie objemov výroby aj pri nižšej celkovej efektivite zariadení a ich nižšej disponibility. Autonómna údržba, poriadok na zariadeniach aj preventívna údržba sa často z dôvodu výroby posúvali do budúcna a úzadia.

Snímka 127

Štruktúra WCM (World Class Manufacturing)

- WCM (World Class Manufacturing) je moderný spôsob práce, ktorý spája osvedčené svetové postupy s cieľom neustále zvyšovať a zlepšovať produkciu a znižovať plytvanie.

Hlavné zásady metodiky:

- neustále sa zvyšujúce požiadavky zákazníkov,
- znížiť náklady na výrobu a údržbu strojov,
- zvýšiť efektívnosť zariadení.

Snímka 128

Systémovo riadená spoločnosť dbá o:

a) pracovné prostredie bez nehôd,

b) stroje bez porúch a s maximálnou možnou priepustnosťou,

c) pracovné plochy bez zbytočného ohýbania a naťahovania sa,

d) nulové sťažnosti zákazníkov,

e) nulové poškodenie komponentov, vyradenia z výrobných liniek a pod...

Metóda WCM

Spomínaná metóda je veľmi komplexne prepracovaný systém riadenia spoločnosti, ktorá sa zaoberá všetkými oddeleniami a spája ich v jeden kompaktný celok. Ak hovoríme o spoločnosti ktorá prijala metódu WCM hovoríme o :

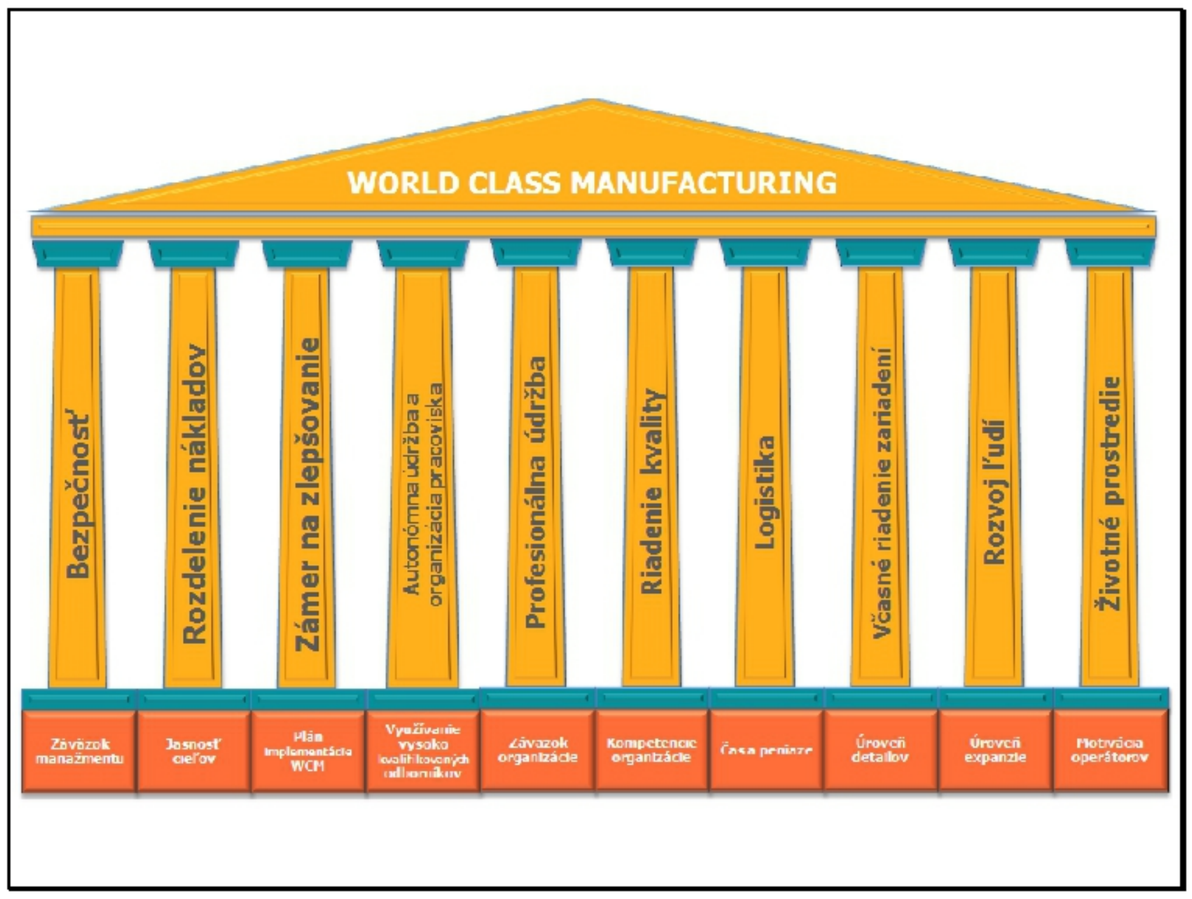
Snímka 129

Spoločnosť,kde funguje:

1. 5S,
2. bezpečná, zorganizovaná pracovná plocha,
3. lepšie pracovné prostredie.

Systém World Class Manufacturing funguje na princípe spoločnej práci s operátormi výroby, s údržbármi a vedením s cieľom pochopiť, ako sa dajú veci robiť lepšie.

Snímka 130



Piliere World Class Manufacturing

Metodika WCM je systém, ktorý zahŕňa všetky oblasti spoločnosti, nižšie sú uvedené jednotlivé piliere obr. 2 . Poznáme 10 technických a 10 manažérskych pilierov.

Technické piliere :

1. Bezpečnosť.
2. Riadenie nákladov.
3. Zámer na zlepšovanie.
4. Autonómna údržba.
5. Profesionálna údržba.
6. Riadenie kvality.
7. Logistika.
8. Včasné riadenie zariadení.

Manažérske piliere:

1. Záväzok manažmentu.
2. Jasnosť cieľov.
3. Plán implementácie WCM.
4. Využívanie vysoko kvalifikovaných odborníkov.
5. Záväzok organizácie.
6. Kompetencie organizácie.
7. Čas a peniaze.
8. Úroveň detailov.
9. Úroveň expanzie.
10. Motivácia

Technické piliere WCM

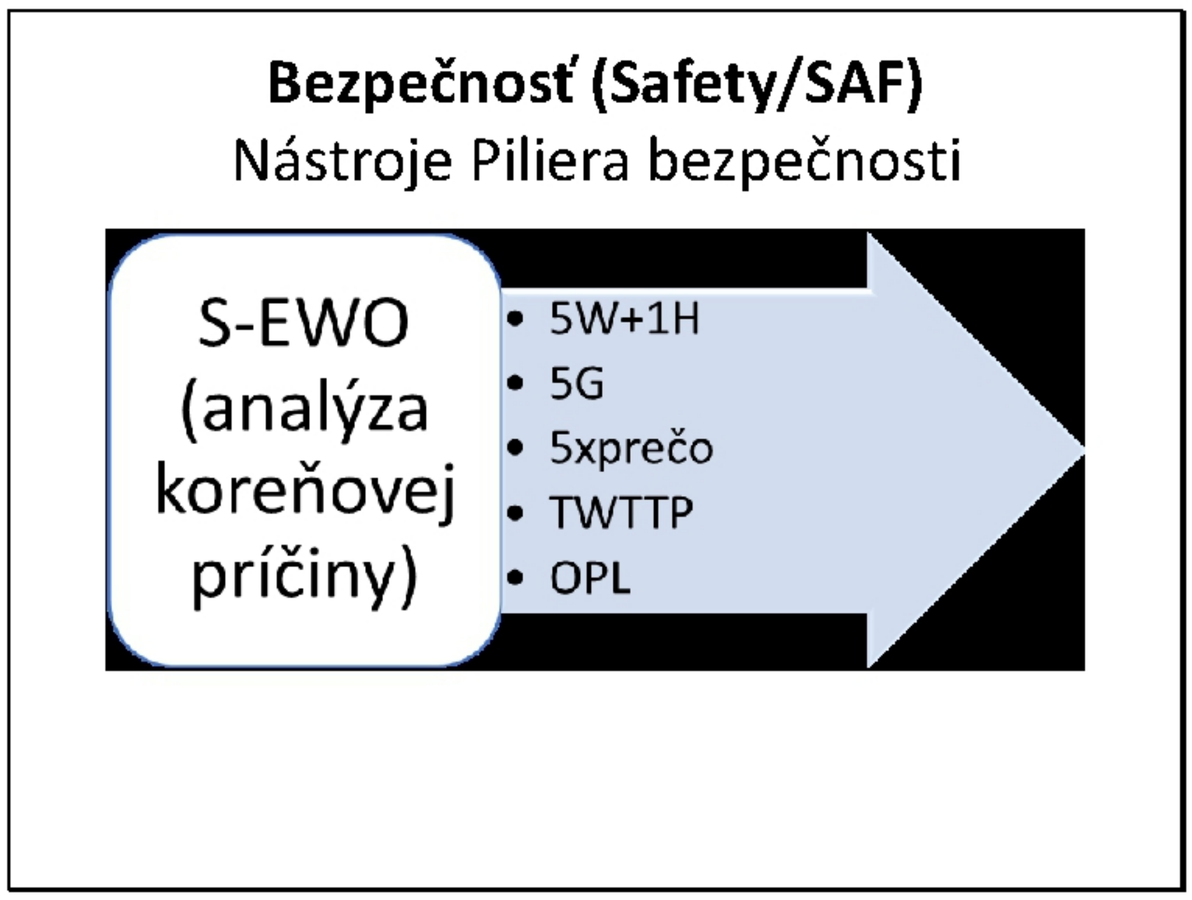
Každý pilier má 7 hlavných krokov, každý krok je rozdelený na menšie pod -kroky. Každý krok musí byť ukončený certifikáciou kroku, t.j. sú presne stanovené ciele ktoré musia byť dosiahnuté v danom kroku a po ich splnení môže pilier pokračovať na ďalší krok, musí byť splnených 90% daného kroku vtedy je certifikácia úspešná. Ak sa nesplnia úlohy a nedosiahne sa požadovaný počet bodov stanovia sa nápravné opatrenia, časový horizont na splnenie týchto opatrení a opäť sa vykoná certifikácia. Po splnení minimálnych požiadaviek sa prechádza na ďalší krok. V nasledujúcich podkapitolách sú rozpísané jednotlivé technické piliere a ich hlavné činnosti.

1.6. Bezpečnosť (Safety/SAF)

V každej spoločnosti je dôležité aby nedochádzalo k úrazom, nehodám, skoro - nehodám drobným poraneniam a nebezpečným udalostiam, chorobám z povolania a pod. , preto je pilier bezpečnosť je jeden z najdôležitejším pilierom. Hlavným cieľom SAF je zlepšovať pracovné podmienky zamestnancov a brániť tvorbe nebezpečných situácii, ktoré spôsobujú vznik nehôd.

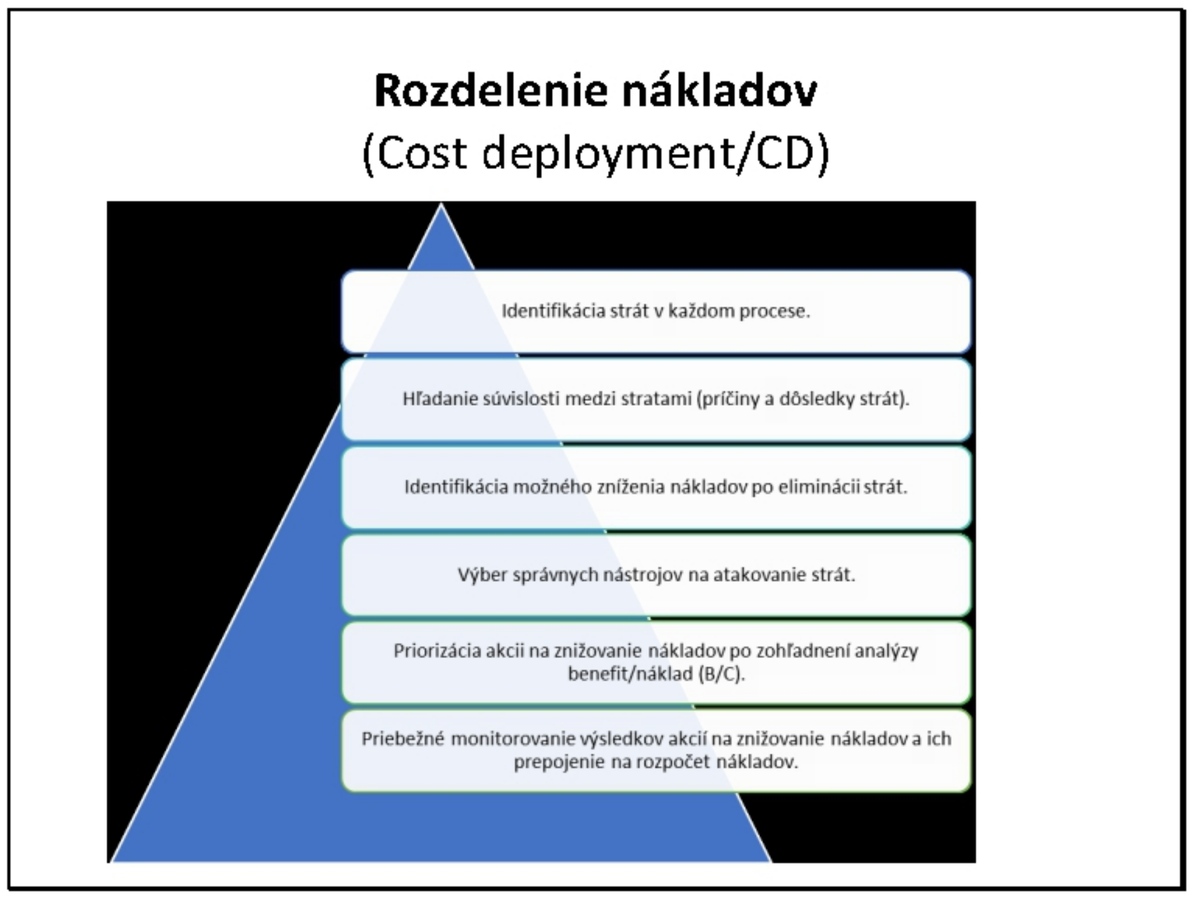
Metodika WCM učí ako predchádzať nehodám pozorovaním, realizáciou presných analýz a odstránením príčin, ktoré mohli alebo spôsobili úraz, či nebezpečnú udalosť.

Snímka 131



V každej spoločnosti je dôležité aby nedochádzalo k úrazom, nehodám, skoro - nehodám drobným poraneniam a nebezpečným udalostiam, chorobám z povolania a pod. , preto je pilier bezpečnosť je jeden z najdôležitejším pilierom. Hlavným cieľom SAF je zlepšovať pracovné podmienky zamestnancov a brániť tvorbe nebezpečných situácii, ktoré spôsobujú vznik nehôd.
Metodika WCM učí ako predchádzať nehodám pozorovaním, realizáciou presných analýz a odstránením príčin, ktoré mohli alebo spôsobili úraz, či nebezpečnú udalosť.
Pritom sa využívajú ako hlavný nástroj S-EWO a podporné nástroje ktoré pomáhajú pri hľadaní koreňovej príčiny , nižšie je uvedený vzťah medzi týmito nástrojmi, hlavné je S EWO a pomocné nástroje.

Snímka 132



Pre spoločnosť je veľmi dôležité ako je nakladane s finančnými prostriedkami.
Pilier CD má na starosti prepočítanie strát (hodín zmeny typu, opráv, prestavby, energie, nekvalita, nedostatok vstupného materiálu atď.) v procesoch závodu vo finančnom vyjadrení.
Po zbere dát priamo z výroby preberajú informácie špecialisti, ktorí sú zodpovední za pilier rozdelenia nákladov. Odborníci údaje analyzujú, vyčíslia a súčasne s pilierom pre zlepšovanie definujú, ktoré oddelenia budú realizovať projekty na minimalizáciu strát. Spolu určia, ktoré postupy a nástroje sa využijú.
V nasledujúcom obrázku sú rozpísané hlavné činnosti piliera CD.

Snímka 133

5G	•je metóda, ktorá sa zakladá na pozorovaní faktov •***GEMBA***, ísť na miesto, kde sa jav vyskytuje. •***GEMBUTSU***, preskúmať na vlastné oči a bez predsudkov, čo sa deje. •***GENJITSU,*** pozorovať fakty, zariadenia, materiály, výrobky a iné fyzické predmety, ktoré môžu byť zahrnuté v jave. •***GENRE,*** overovanie teórie. •***GENSOKU,*** štandardy a parametre.
Analýza 4M	• (Fishbone schéma, Ishikawa), predstavuje metódu, ktorá poskytuje rámec na zatriedenie príčin určeného javu vo vzťahu ku kategóriám Man (pracovná sila), Material (materiál), Machine (stroj) a Method (metóda), pričom zároveň určuje najpravdepodobnejšiu príčinu javu.
5 Whys (5xprečo)	•sa odporúča použiť pri určovaní skutočnej príčiny javu. Päť krát sa pýtame „prečo"? Je to dobrá metóda na riešenie zriedkavých strát či defektov. Nie je však účinná na vyriešenie chronických strát, okrem tých, ktoré spôsobuje jediná príčina.
Quick Kaizen (Rýchly Kaizen)	• používa cyklus PDCA a používa sa pri riešení jednoduchých problémov a taktiež pri aplikovaní zlepšovacích návrhov. Tím má byť zložený z troch ľudí, ktorý majú poznať produkt a proces tak, aby mohli rýchly kaizen použiť.
Standard / Major kaizen (Štandardný / Vyšší Kaizen),	• slúžia na riešenie komplexných problémov. Tím je potrebné zostaviť minimálne z piatich vyškolených osôb v tejto metóde. Implementácia štandardného kaizenu má prebehnúť do 15 dní, v prípade vyššieho typu kaizenu do troch mesiacov. Výsledky musia byť zaznamenané na tabuli v blízkosti oddelenia, kde sa projekt vykonáva.
Advanced Kaizen (Pokročilý Kaizen)	•rieši komplexné chronické problémy. Pracovný tím zahŕňa maximálne sedem osôb, ku ktorým treba prirátať odborníkov na proces a výrobok. Odhadovaný čas na ukončenie projektu sú tri mesiace.
Poka Yoke	•je jednoduchá a efektívna metóda zameraná na predchádzanie neúmyselných a nechcených chýb spôsobených ľudským faktorom. Princípom je inštalácia pomocných prvkov, prípadne úprava pracoviska tak, aby bolo možné vykonávať operáciu len správne, t.j. aby nebolo možné robiť chyby.

Cielené zlepšovanie (Focus improvement/FI)

Pilier „FI" je tvoriví pilier, čo znamená, že sa tú využívajú teoretické a praktické poznatky, ktorých výsledkom má byť niečo nové, lepšie čo prinesie uľahčenie práce pre operátorov, zníženie nákladov na výrobu, vymyslenie „rafinovaného systému", ktorý nemôže byť v žiadnom prípade prekonaný „ľudskou prefíkanosťou" , odolný voči ľudskej chybe. V tomto pilieri riešime konkrétne myšlienky, ktoré prinesú očakávané výsledky za primeraný čas. Významné sú prínosy, ako zníženie nákladov, minimalizovanie strát a plytvania v podniku. Navrhuje najlepšie metódy a nástroje na odstránenie zistených strát.
Odborníci z piliera FI, ide hlavne o dizajnérov, konštruktérov, technológov, procesných inžinierov, nadviažu na výsledky kolegov z piliera CD, ktorí im poskytnú dáta o stratách a nákladoch. Ihneď ako majú informácie o stratách k dispozícii, tak sa definujú projekty, tými a činnosti na odstránenie alebo minimalizáciu zistených problémov. Cieľom piliera FI je neustále zlepšovanie, kde sa nesústredíme len na nápravu zisteného problému, ale zavádza sa systém identifikácie príčin (PDCA) a ich definitívne odstránenie.

Snímka 134

Autonómna údržba a organizácia pracoviska (Autonomous maintenance & workplace organization / AM&WO)

Cieľom **organizácie pracoviska „WO“** je zvýšenie výstupu výrobnej linky a zvýšenie produktivity, aby bola zachovaná vysoká bezpečnosť a pracovné zaťaženie osôb bolo menšie. Súčasne sa musí udržať a zvýšiť kvalita vykonávaných činností zapojením všetkých zamestnancov.

Autonómna údržba „AM“ je vlastne pilier ktorý učí ako sa užívatelia majú správne starať o svoje zariadenia či stroje s ktorými dennodenne pracujú. Má za cieľ zabrániť vzniku porúch a mikroodstávok strojov, ktorých príčinou sú problémy so základnými podmienkami stroja. Nejde o zložitú a špecializovanú činnosť. Dokážu ju pochopiť a aplikovať vhodným tréningom osoby, ktoré pracujú denne na strojoch a zariadeniach.

Mnohí považujú tento pilier za oblasť ktorá sa týka pracovníkov vo výrobe ale je potrebné vedieť že tento pilier sa týka všetkých, ktorí pracujú v spoločnosti, pretože o stroje a zariadenia sa má starať každý užívateľ od manažéra až po výrobného pracovníka, svoje pracovisko má mať každý určitým spôsobom organizované a správať sa podľa princípov 5S, pracovať tak aby nespôsoboval obmedzenia ostatným pracovníkom, aby nikoho neohrozil na zdraví či živote, Činnosti tohto piliera vychádzajú z metódy TPM (Total production maintenance), vykonávané v každodennej praxi. Hovoríme o starostlivosti o stroje a zariadenia samotnými užívateľmi, ktorí majú starostlivosť o stroje a zariadenia považovať za samozrejmosť, vykonávať túto činnosť ako bežnú rutinu svojej práce a tým robia program WCM naozaj úspešným. Každý kto pracuje s hoci akým strojom alebo zariadením či nástrojom sa má správať podľa princípov „AM“.

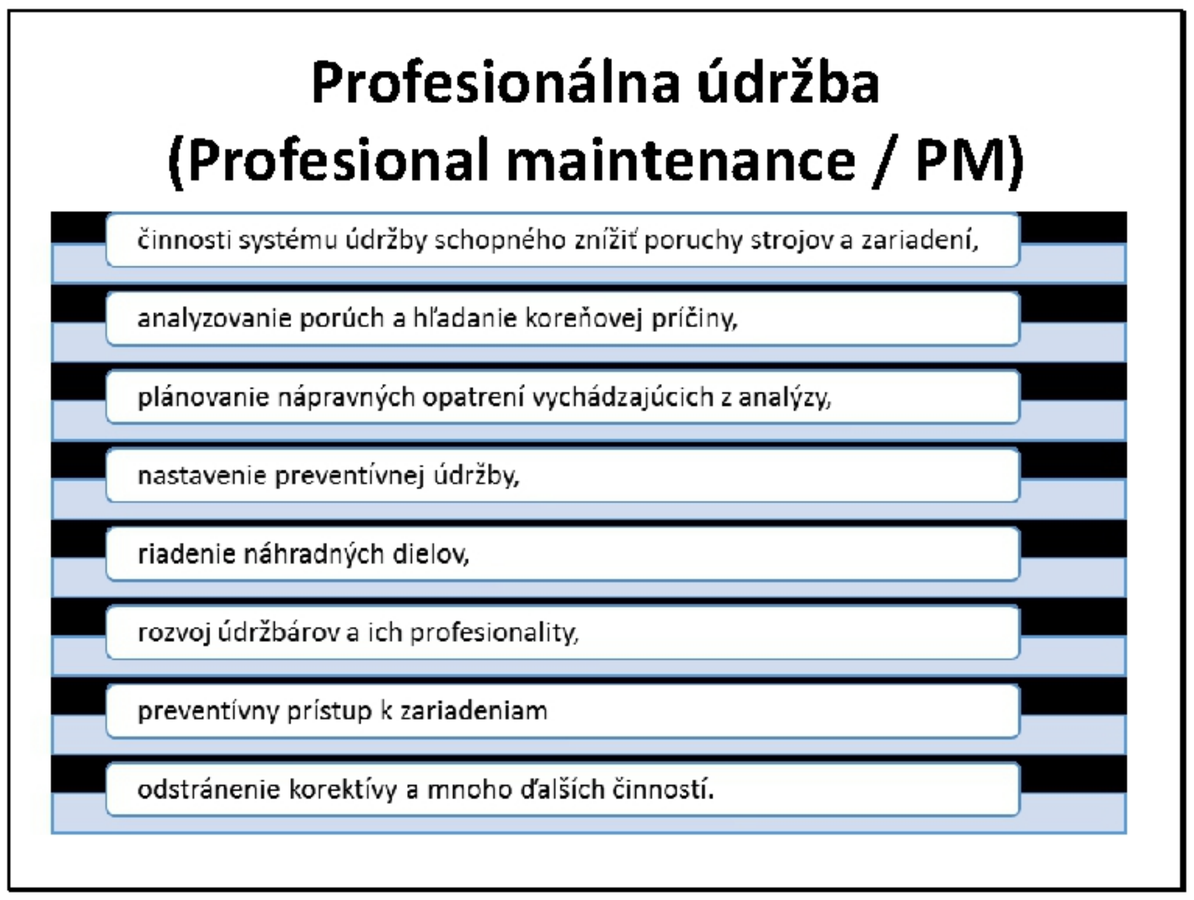
Charakteristické činnosti autonómnej údržby sú:

- čistenie,
- mazanie,
- dotiahnutie uvoľnených častí,
- kontrola riadenia teploty, kontrola hluku a vibrácii,
- drobné opravy a drobné vylepšenia.

Autonómna údržba a Profesionálna údržba sú vzájomne späté a je dôležité aby tieto piliere navzájom spolupracovali. Nižšie sú uvedené 3 základné, kroky AM, kde pred vstupom AM do kroku dva nastúpi ako podporný tím Profesionálna údržba.
Krok 1 - je vykonanie čistenia stroja, ktoré pomôže odhaliť miesta vzniku kontaminácie so sťaženým prístupom a podporí efektívny nástup údržby a odstránenie nedostatkov.
V kroku 2 - nedostatky zo sťaženého prístupu musia byť odstránené, čím sa dosiahne skrátenie času na čistenie stroja.

V kroku 3 - skúsenosti z krokov 1 a 2 vedú k tvorbe štandardov pre kontrolu, čistenie, mazanie a doťahovanie spojov. Poruchy ktoré vznikali z nedostatočných základných podmienok budú minimalizované.

Snímka 135



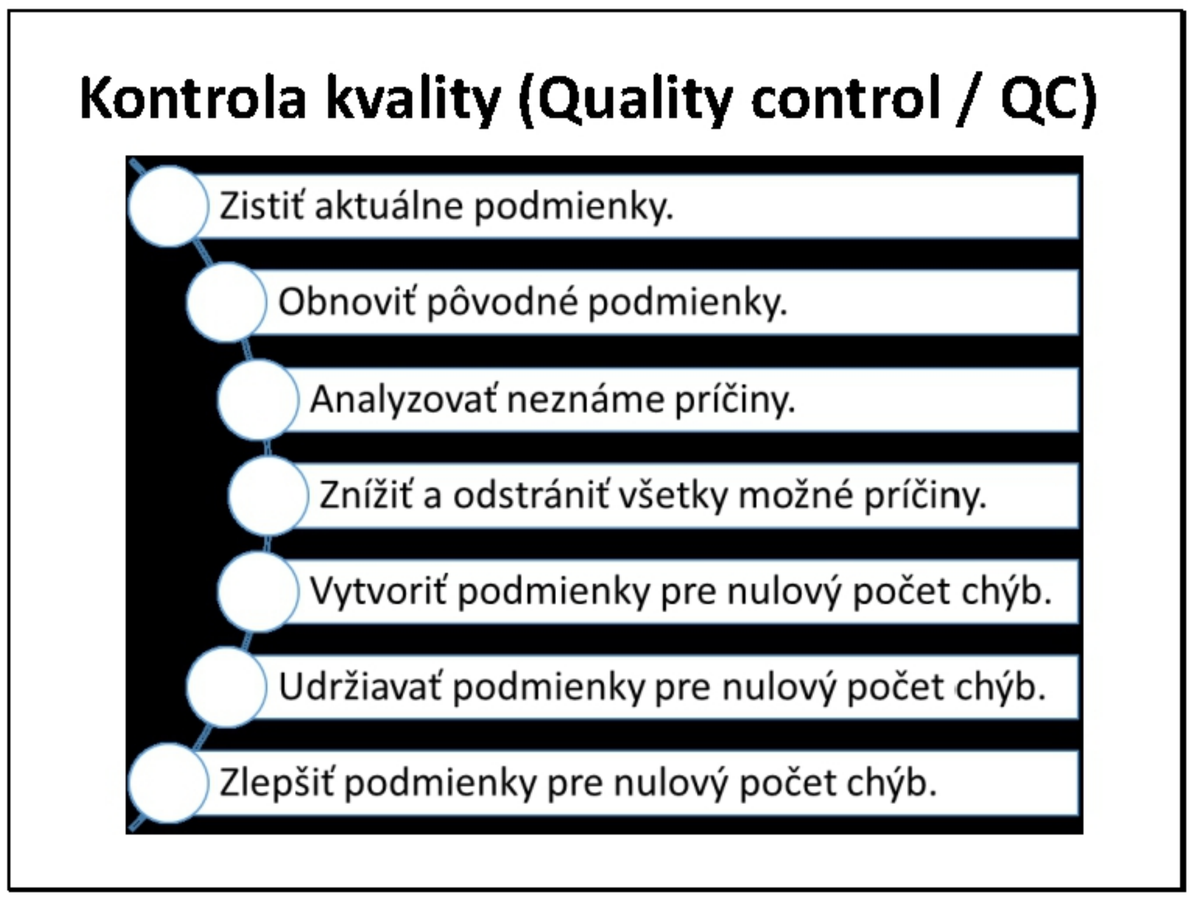
Pilier je najdôležitejší z pohľadu fungovania výroby, ak máme zle nastavenú profesionálnu údržbu spoločnosť stráca veľké množstvo finančných prostriedkov, ktoré utráca na opravu strojov a zariadení bez analýz koreňovej príčiny. Preto je dôležité aby bol pilier dostatočne prepracovaný, je potrebné mať pod kontrolou všetky činnosti „PM“ . Veľmi dôležité je si uvedomiť , že ak stroj nepracuje stojí výroba, ak stojí výroba nie sú naplnené objemy, spoločnosť stráca peniaze. Odstávka generuj náklady tak, že zamestnanci výroby čakajú na opravu stroja, údržbári zariadenie opravujú a musia vymeniť poškodené komponenty. To pre závod znamená realizovať prácu nadčas, aby sa podarilo splniť požiadavku zákazníka. Ak je porucha, nestačí len stroj opraviť. Je potrebné analyzovať, prečo porucha vznikla. Je potrebné poznať fungovanie stroja a príčinu poruchy, aby sme odstránili výskyt rovnakých problémov.

Hlavným cieľom profesionálnej údržby je:
- spoľahlivosť a dostupnosť stroja s najnižšími nákladmi,
- odstránenie porúch (hasenie problémov, opravy),
- používanie vhodnej kombinácie rôznych typov údržby. Autonómna údržba, údržba po poruche zariadenia (čase, podmienkach), udržanie vynikajúceho stavu zariadení s najnižšími nákladmi a s najvyššou efektivitou,
- rozvoj kompetencií a činnosti údržby v podniku na pozícii operátorov a na úrovni špecializovanej údržby a technológov.

Poruchy strojov a zariadení patria medzi najväčšie straty. Na ich základe môžeme identifikovať zariadenia a označiť ich:
- Zariadenia AA, najväčšie straty.
- Zariadenia A, veľké straty.
- Zariadenia B, stredne veľké straty.
- Zariadenia C, malé straty.

Nástroj ktorý slúži na analyzovanie poruchy je EWO (Emergency Work Order/Požiadavka urgentnej údržby), pomáha pochopiť, prečo vznikla porucha (aplikujú sa 5W-1H, 4M) a na evidenciu detailov o poruche.

Snímka 136



Obrázok znázorňuje Sedem krokov údržby z hľadiska kvality

Cieľom je výroba s minimálnym počtom interných nepodarkov vo všetkých typoch výrobkov s cieľom dosiahnutia úplnej bezchybnosti. Aby výrobky prevýšili očakávania zákazníkov, dôležité je zapojiť všetkých zamestnancov. Úlohou piliera je zvýšenie povedomia o význame kvality vo všetkých oblastiach a činnostiach. Tiež je nutné vyvíjať výrobky, ktoré sú na svojom trhu vyhľadávané a referenčné.
Na definovanie problémov kvality sa odporúča použiť maticu zabezpečenia kvality. Nástrojom 5W1H sa následne určia príčiny problémov. Tie sú spojené aj s informáciami z analýzy 4M (stroj, metóda, materiál, pracovná sila), ktoré sú považované za významné faktory kvality produktu. Tieto nástroje kvality (5W1H a 4M) sú východiskové pri identifikácii príčiny problému a chyby. Taktiež využijeme ďalšie metódy na definovanie príčiny problému, definovanie činností na ich odstránenie pre nulový počet chýb. Existujú spôsoby, ktoré zabezpečia kvalitu a pomôžu znížiť chyby pracovníkov pri realizácii školení, zavádzaní štandardov a operačných postupov na minimalizáciu chýb. Využijeme metódu Poka Yoke, ktorá neumožni vykonať operácie, ak materiál chýba, alebo je nesprávny.

Snímka 137

Logistika (Logistic / LOG)

Cieľom piliera je uspokojiť zákazníka. Dosiahnuť, aby výrobky boli dodané kvalitne a presne, resp. uplatniť metódu Just-In-Time.

Táto metóda zabezpečuje to, že zákazník dostane svoj produkt v čase a potrebnom množstve.

Aby sa to dosiahlo, piliere musia byť prepojené. Synchronizáciou plánu výroby s realizovaným predajom, pre uspokojenie zákazníka. Minimalizovanie množstva zásob medzi operáciami a procesmi. Zásoby výrobkov a súčiastok znižujú efektivitu využitia finančných prostriedkov a zaberajú priestor. Je potrebné znížiť manipuláciu s materiálom, keďže zvyšuje náklady, potrebné sú ďalšie manipulačné zariadenia a taktiež viac ľudí. Takýto tok zvyšuje riziko nehôd.

Snímka 138

Včasné riadenie zariadení

(Early equipment management)

Úlohou piliera je väčšia detailnosť pri plánovaní projektu. Ide o návrh riešenia budúcich zariadení.

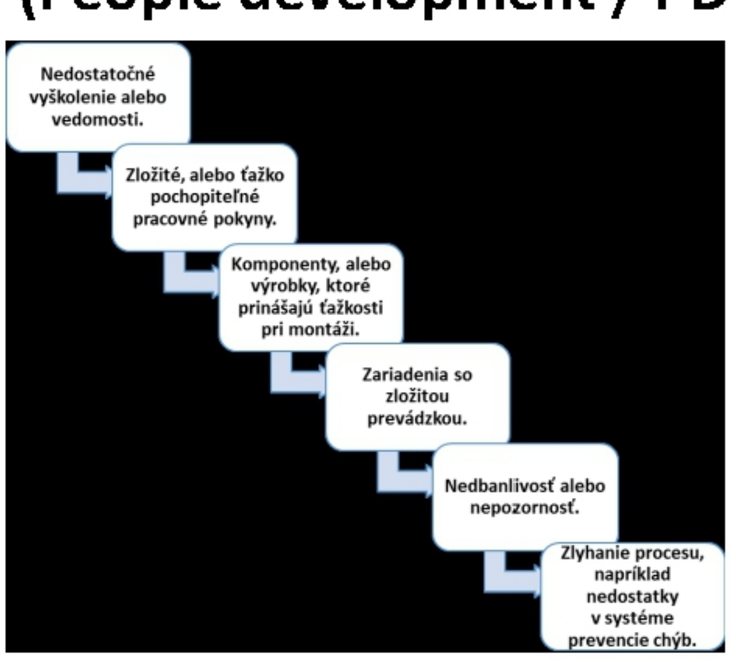
Ciele návrhu:

- Vysoká kvalita s minimálnymi prevádzkovými nákladmi.
- Vysoká flexibilita výroby rôznych modelov.
- Bezpečnosť (nulový počet nehôd).
- Minimálny pohyb materiálu (nulové zásoby).
- Jednoduchosť operácii.
- Spoľahlivosť a vykonateľnosť údržby (nulový počet porúch).
- Nulové znečistenie životného prostredia

Prevádzka zariadení v závode často prináša množstvo problémov. Ťažkosti vo výrobe, údržbe, situácie nedostatočnej kvality, poruchy strojov, ktoré si vyžadujú zásah údržby, potreba získania zručností na vykonávanie činností, problémy s dosiahnutím OEE (Celková efektivita zariadenia ktorú ovplyvňuje Disponibilita-Výkon-Kvalita) po inštalácii stroja a bezpečnostné požiadavky. Tieto problémy zvyšujú investičné náklady, prevádzkové náklady strojov, náklady na pracovnú silu, plánovanú údržbu, nekvalitu, náklady na straty pri poruchách a bezpečnostných rizikách.

Snímka 139

Rozvoj ľudí (People development / PD)



Popis chýb z hľadiska PD

Cieľom rozvoja ľudí je vzdelávanie odborníkov na vysokej úrovni, aby boli schopní analyzovať stav strojov, výrobkov a vytvoriť prostredie na realizáciu efektívnej údržby. Taktiež zabezpečuje prípravu operátorov na výkon činností autonómnej údržby strojov a správnu realizáciu kontroly kvality vo výrobnom procese. Dôležitá je motivácia ľudí, aby aktívne uplatňovali a prinášali zlepšenia prostredníctvom systému pre zber zlepšovacích návrhov a realizáciou kaizenov.

Snímka 140

Životné prostredie (Environment / ENV)

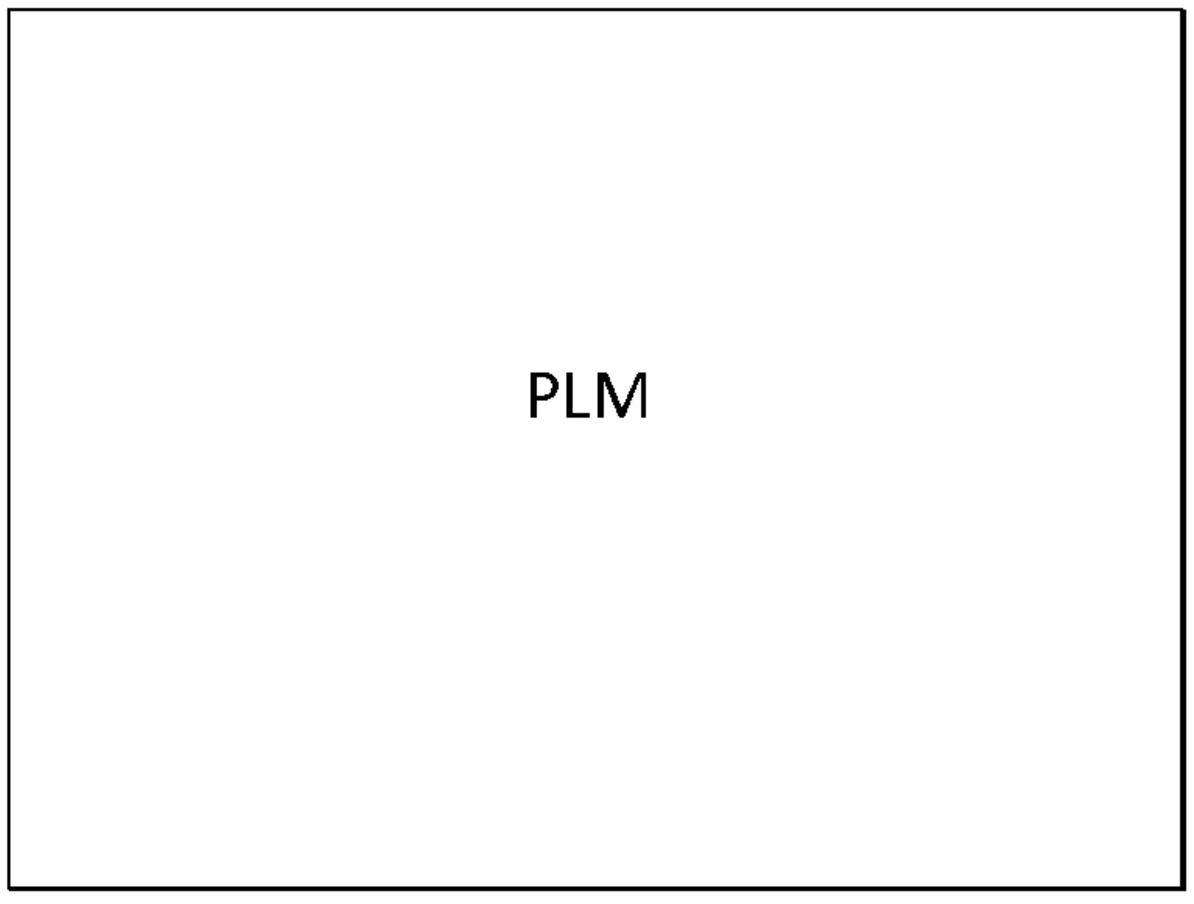
Hlavné nástroje piliera:

- **E-EWO** (Environmental Work Order / Environmentálna analýza) slúži na určenie hlavnej príčiny environmentálnej nehody alebo skoronehody (napr. únik oleja). Nástroj zároveň určuje kroky, ktoré odstránia opätovný výskyt problému .
- **EMAT** (Environmental Management Audit / Audit riadenia životného prostredia), nástroj používaný manažmentom na auditovanie stavu životného prostredia a používania energií. Získané výsledky tvoria základ pre vytváranie a realizáciu plánov zlepšovania.
- **Pyramída životného prostredia** slúži na vizuálne informovanie o vzniku nevhodného správania sa k životnému prostrediu, nevhodných podmienok, nebezpečných udalostí a havárii z hľadiska životného prostredia.

K cieľom piliera patrí prevencia pred znečistením a pokles negatívneho vplyvu na životné prostredie pomocou rôznych foriem zníženia spotreby energii a vody, zníženia produkcie odpadu, zlepšenia triedenia odpadu a zvýšenia kvality emisií vypúšťaných do ovzdušia. Podpora osvedčených postupov povedie k vytvoreniu kultúry rešpektu k životnému prostredie. Tieto ciele sa opierajú o plány a projekty, kde určujeme, zodpovednú osobu, harmonogram realizácie, odhad potrebných investícií, technické ukazovatele pre monitorovanie a všetky potrebné informácie na realizáciu činností a overenie účinnosti vykonaných zásahov. Uplatnenie systému riadenia životného prostredia je zásadné pre pokrok v práci na tomto pilieri. Rámec systému environmentálneho manažérstva (EMS) je vyvinutý tak, aby organizácia mohla dôsledne riadiť svoje významné vplyvy na životné prostredie a neustále zlepšovať prevádzku a podnikanie so zameraním na trvalú udržateľnosť.

Spoločností vo svete preferujú schopnosti pružne reagovať na meniace sa podnikateľské prostredie, okolnosti ktoré ho ovplyvňujú, maximálnu efektivitu procesov, nulovú nekvalitu, žiadne poruchy, znižovanie nákladov, minimalizáciu strát, minimalizáciu skladových zásob, rast produktivity. Najdôležitejšie piliere pre plnenie týchto cieľov sú riadenie nákladov, riadenie ľudí, profesionálna údržba, kvalita a logistika.

Snímka 141



Snímka 142

Charakteristika PLM

Product Lifecycle Management znamená komplexnú správu životného cyklu výrobku a to od jeho prvotnej myšlienky, cez detailný návrh, vývoj, výrobu, predaj, servis až po likvidáciu.

Omylom sa tento výraz niekedy zamieňa s výrazom PDM (Product Data Management), ktorý je využívaný len v niektorých dielčích fázach PLM a to hlavne vo fáze strojárskeho návrhu výrobkov, správu dát a pri komunikácii medzi jednotlivými konštruktérmi.

PLM zahrňuje okrem neoddeliteľných softvérových aplikácií aj normalizovanie pracovných postupov, vybudovanie obchodných systémov, riadenie kľúčových dát a okrem iného aj vhodné zaškolenie pracovníkov na potrebné pracovné a odborné činnosti v jednotlivých oblastiach. Takýto fungujúci komplexný celok potom tvorí nosnú časť výrobného podniku, alebo tiež akejkoľvek organizácie ktorej výsledkom je produkt poskytovaný zákazníkom.

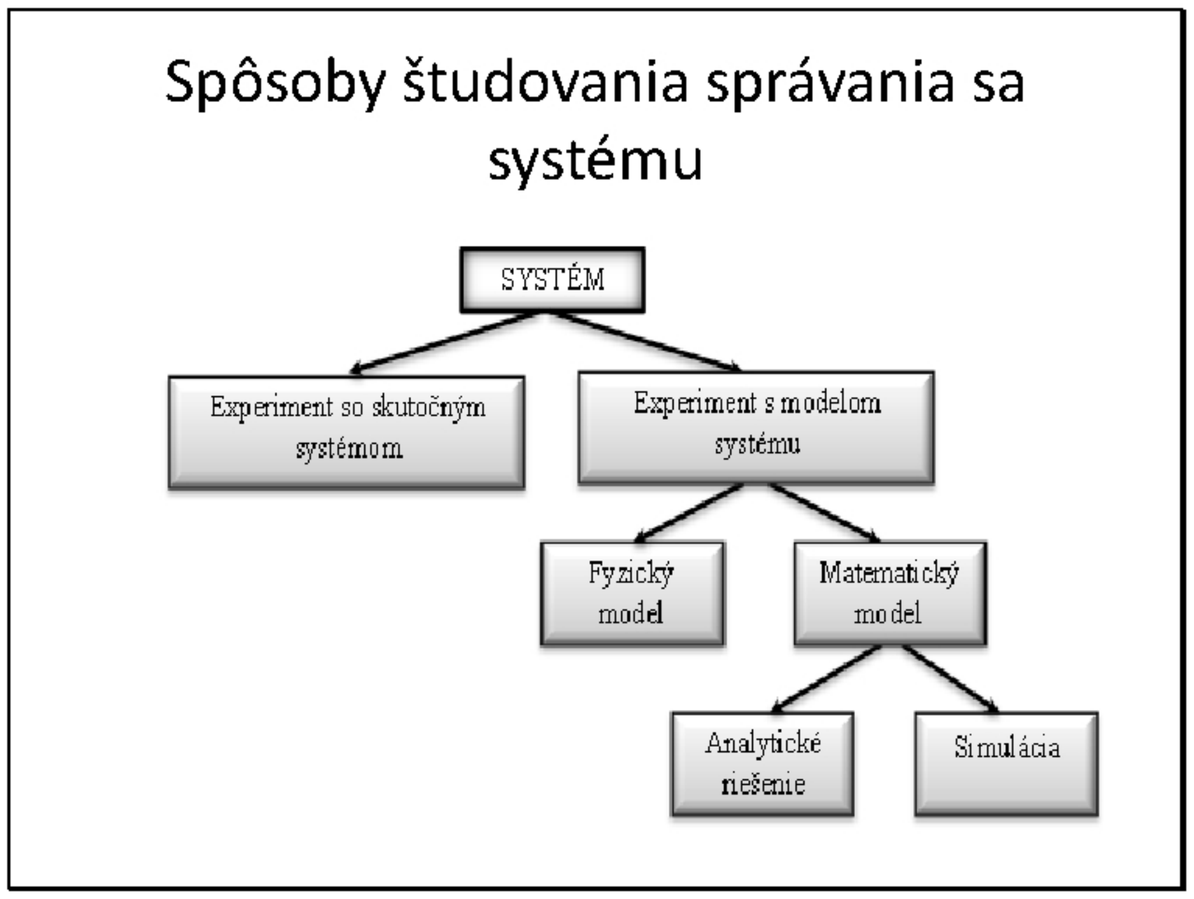
Snímka 143

Modelovanie a simulácia

Pojmy modelovanie a simulácia v rôznych vedných oboroch (ako aj v rámci daného vedného oboru predstavujú inú entitu, majú ale určite charakteristiky spoločné:

- cieľom modelovania je vytvoriť model deja, procesu resp. súčiastky, ktorý bude určitým spôsobom reagovať na zmeny vstupných údajov (predstavujú zaťaženie modelu),
- simulovanie predstavuje proces získania odozvy modelu na zmenu vstupných údajov,
- korektnosť alebo nekorektnosť modelu a samotnej simulácie sa posudzuje na základe vykonaného experimentu, overenej teórie alebo na základe dlhodobého pozorovania skutočnosti.

Snímka 144



Počítačová simulácia je v súčasnosti najúčinnejší nástroj na podporu projektovania výrobných procesov a v procese ich zlepšovania.
Pod pojmom systém definujeme kolekciu entít, ktoré sa vzájomne ovplyvňujú, pričom ako už bolo naznačené, pre každý vedný odbor je to iný súbor entít. Každý systém je popísaný stavom systému, ktorý reprezentuje premenne nevyhnutné na opis systému v danom čase.

Vo všeobecnosti systém môže byť:
diskrétny - je charakterizovaný skokovými zmenami stavových veličín v čase,
spojitý (kontinuálny) - je charakterizovaný spojitými zmenami stavových veličín v čase.

Experiment so skutočným systémom / s modelom systému – ak je možné (a cenovo efektívne) meniť systém fyzicky a potom skúmať skutočný systém s týmito zmenenými podmienkami, je to veľmi pozitívne. Avšak takýto prípad je veľmi zriedkavý, pretože experiment býva často veľmi finančne náročný, alebo systém ešte ani neexistuje, keď chceme skúmať jeho správanie za daných podmienok, resp. môže sa jednať o podmienky, ktoré majú deštruovať systém (napr. kritické podmienky v jadrovej elektrárni). V takýchto prípadoch je nevyhnutné vytvoriť model ako reprezentáciu systému. V prípade použitia modelu, vždy vzniká otázka verifikácie – platnosti dosiahnutých výsledkov.
Fyzický / matematický model – fyzický model reprezentuje napr. zmenšený model lode na skúmanie vplyvu bočného vlnobitia, zatiaľ čo matematický model reprezentuje systém vo forme matematických výrazov – v inžinierskej praxi najčastejšie vyjadrené vo forme parciálnych diferenciálnych rovníc.
Analytické riešenie / simulácia – ako náhle je matematický model vytvorený, je potrebné dokázať odpovedať na otázky ohľadom správania sa systému, ktoré nás zaujímajú. V prípade, že model je dostatočne jednoduchý, dokážeme vyriešiť matematické rovnice matematického modelu exaktne – dostávame analytické riešenie. Avšak veľa systémov je veľmi komplexných,

čo môže samo o sebe vylúčiť analytické riešenie. V takom prípade musí byť model študovaný pomocou simulácie – t.j. riešenie je numerické.

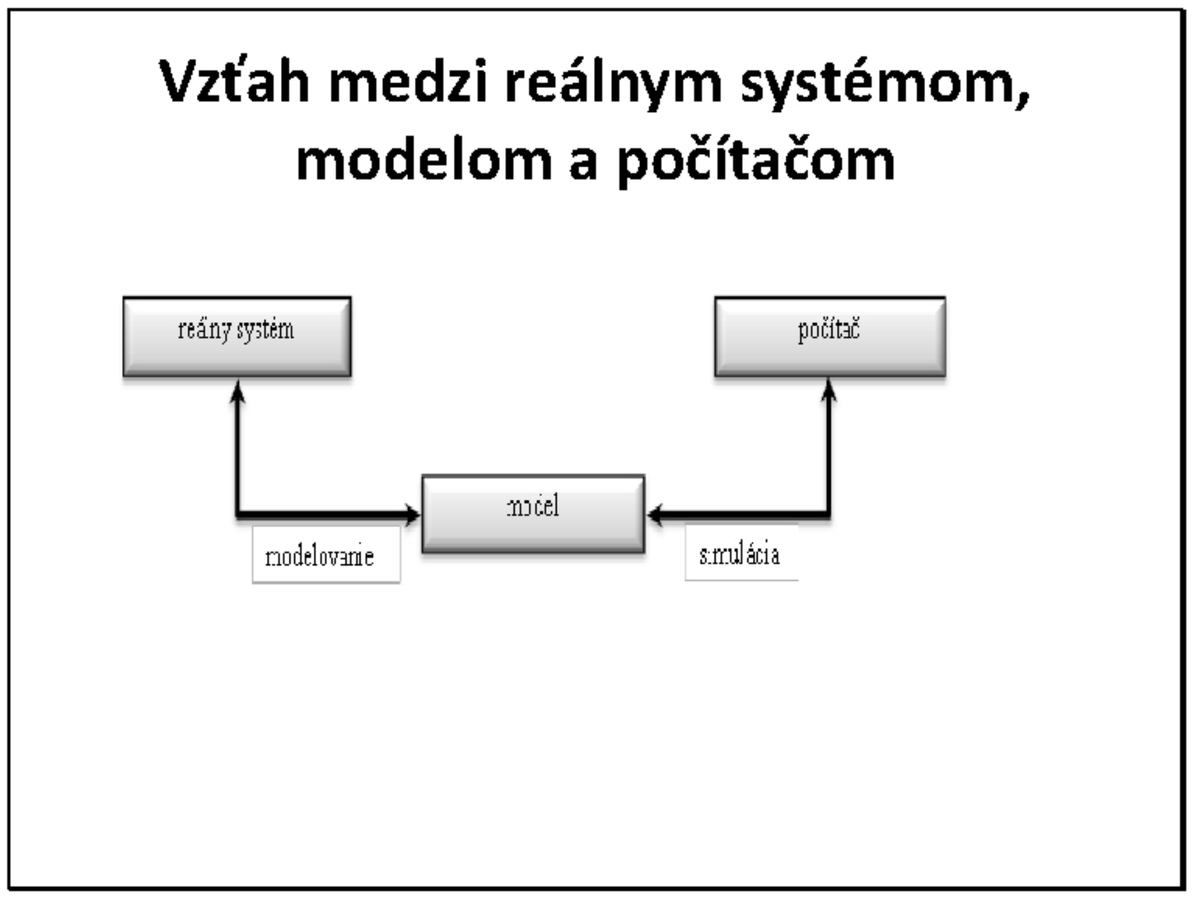
Snímka 145

Pri štúdiu matematického modelu je užitočné klasifikovať modely nasledovne

- *Statický model* - reprezentuje systém v špecifickom čase, avšak čas ako taký nehrá úlohu pri simulácii.
- *Dynamický model* - reprezentuje systém v určitom časovom úseku (nie len v jednom konkrétnom čase).
- *Deterministický* - ak model neobsahuje žiadne pravdepodobnostné (náhodné) komponenty.
- *Stochastický model* – je modelovaný s určitými náhodnými vstupmi.
- *Spojitý model,*
- *diskrétny model.*

Termín **model** sa používa na označenie materiálnej i nemateriálnej napodobeniny objektu, nezávisle od toho, za akým účelom sa robí. Samotná napodobenina sa môže realizovať v súvislosti s praktickými úlohami, môže plniť určité funkcie pri vyučovaní (ako napr. tabuľky, makety, schémy a i., ktoré sa využívajú ako názorné pomôcky) alebo sa využíva za bádateľským účelom.
Stručne povedané, model je zjednodušením reality. Nie je samozrejme možné akoukoľvek realitu popísať do tých najmenších podrobností, preto je nutné sa pri analýze reálneho systému sústrediť na tie časti, ktoré sú z hľadiska cieľa analýzy dôležité.

Snímka 146



Pri vytváraní modelu je potrebné mať na zreteli nasledujúce odporučenia:
Ak zjednodušíme skutočnosť príliš, model bude skreslený a výsledky, ktoré získame na základe analýzy, budú nereálne až nezmyselné.
Ak sa budeme pri modeli snažiť o čo najvernejšie zachytenie skutočnosti, získame síce veľmi kvalitný model, ale jeho analýza však bude neuskutočniteľná a výsledky nedosiahnuteľné.
Preto je nutné pri vytváraní modelov nájsť určitý kompromis medzi vernou kópiou skutočnosti a jednoduchou riešiteľnosťou úlohy, vyjadrenou daným modelom.

Modelovanie

Modelovanie predstavuje teoreticko-poznávací proces, ktorý je založený na abstraktnom myslení. Podstatou modelovania v zmysle výskumnej techniky je náhrada skúmaného systému jeho modelom, ktorého cieľom je získať pomocou pokusov s modelom informácie o pôvodnom skúmanom systéme. Inými slovami je modelovanie chápané ako napodobňovanie štruktúr a chovania sa reálnych systémov.

Model

Pojem model je potom zjednodušeným obrazom skutočnosti, pričom zobrazovaná skutočnosť sa nazýva *predmetom* modelovania. Model zobrazuje vybrané vlastností predmetu modelovania, ktoré sú dôležité z hľadiska skúmania, od skúmania iných vlastností daného predmetu sa abstrahuje.

Simulácia

Simulácia je výskumná technika, ktorej podstatou je náhrada systému jeho simulátorom s tým, že so simulátorom sa experimentuje s cieľom získať informácie o pôvodnom skúmanom systéme.

Snímka 147

Základné ciele simulácie ako metódy štúdia správania sa nejakého systému prostredníctvom počítačového alebo iného modelu a experimentovania s ním možno rozdeliť u strojárskych výrobných systémov na:

- analýzu existujúcich výrobných systémov za účelom ich zdokonalenia,
- projektovanie alebo overovanie projektov nových výrobných systémov.

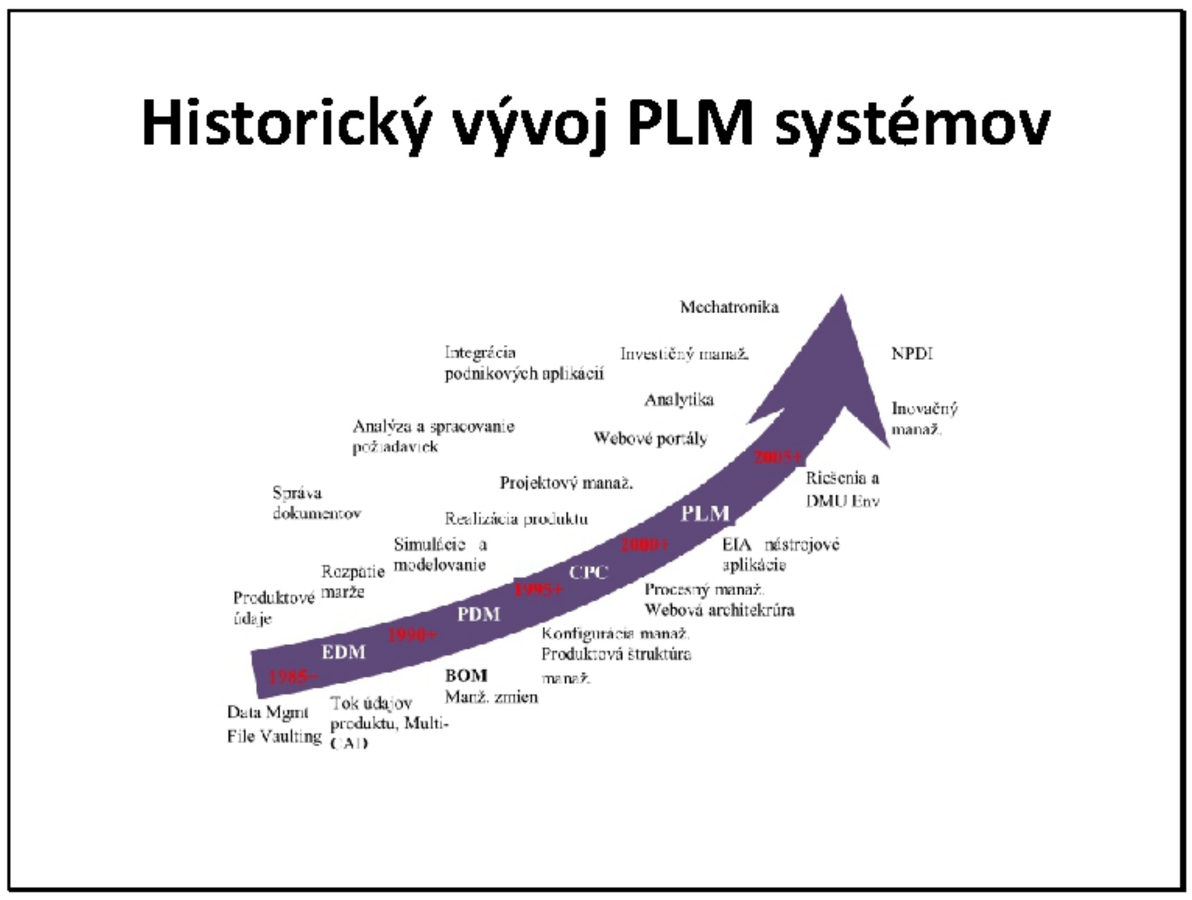
Oblasť analýzy existujúcich výrobných systémov možno rozdeliť na:

- zisťovanie vhodnosti prestavby alebo úpravy existujúceho výrobného systému,
- analýzu správania sa výrobného systému pri rôznych výrobných podmienkach,
- zisťovanie vplyvu rozdielnych riadiacich algoritmov na prevádzku výrobného systému.

K hlavným cieľom simulácie môžu patriť napríklad:

1. Zistenie úzkeho miesta vo výrobnom procese daného podniku.
2. Ako môžeme zvýšiť priechodnosť výrobného, administratívneho systému?
3. Aký je maximálny možný výstup výrobného systému?

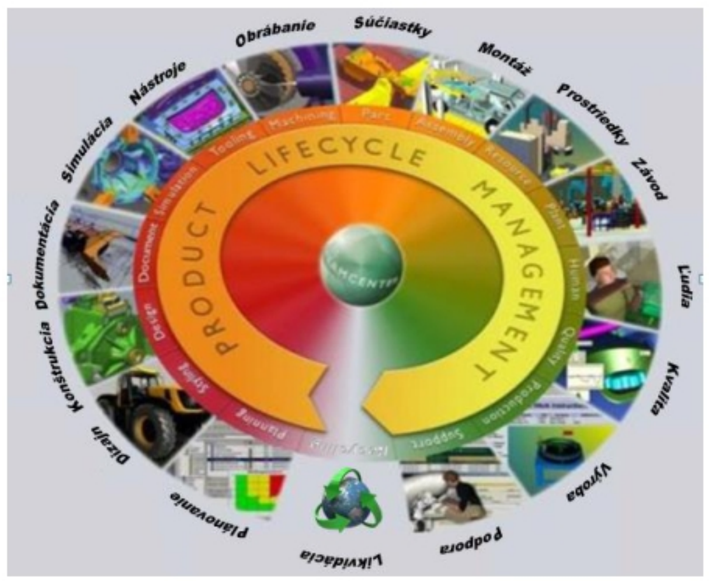
Snímka 148



Okolo roku 1980 inžinieri v odvetviach spracovateľského priemyslu uznali potrebu udržiavať prehľad o rastúcich objemoch projektových súborov generovaných prostredníctvom CAD systémov a začali pre správu dát používať najprv EDM (Engineering Data Management) a neskôr PLM systémy.

Snímka 149

Popis oblastí, ktoré pokrývajú PLM systémy a ich softvérové moduly



Pri PLM systémoch ako pri softvérovom riešení by mala byť zahrnutá hladko spolupracujúca infraštruktúra počítačových aplikácii, ktorá sa zaoberá spracovaním všetkých dát o výrobku v priebehu jeho životného cyklu od počiatočnej myšlienky a zázname o nej, cez jej prvotné návrhy, modely či už fyzické, alebo virtuálne simulácie, po vytvorenie prototypov, výrobu výrobkov, ich predaj až po vhodný spôsob likvidácie a recyklácii týchto výrobkov po skončení ich funkčnej životnosti. Systém pokrýva aj kompletnú správu dát o produkte vrátane elektronických komunikácii medzi všetkými zainteresovanými subjektmi, medzi ktoré patria aj zákazníci, dodávateľský reťazec a všetky ostatné potrebné zdroje potrebné pre realizáciu výrobku a distribúciu výrobku. Takto má podnik k dispozícii informácie, ktoré mu umožňujú sa neustále zlepšovať, či už v oblasti servisu, reklamácii, alebo odstraňovania nepodarkovosti pri výrobe.

Snímka 150

Podniková stratégia pomocou PLM systémov

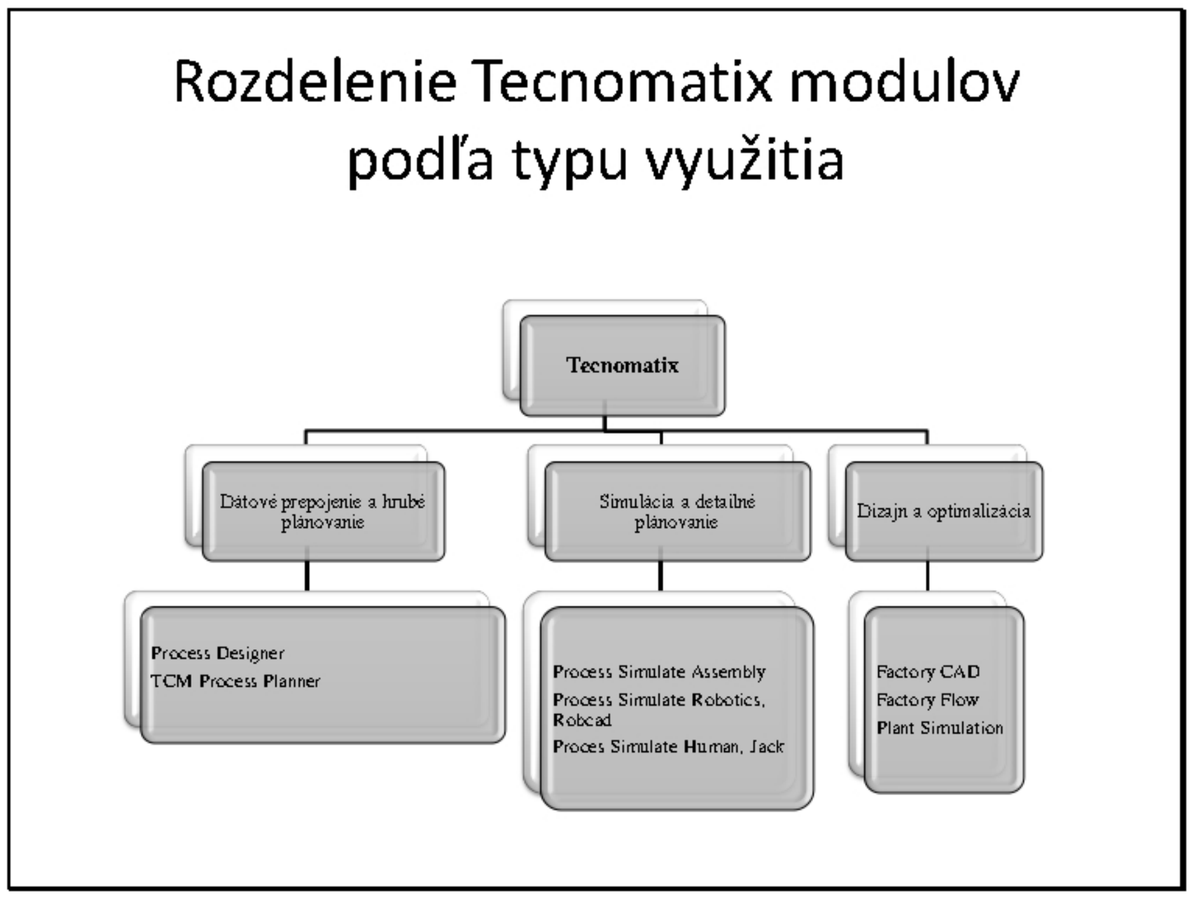
Výstupom hodnotového reťazca a zdrojom zisku je produkt, výrobok, alebo výrobková služba, sú preto primárnym objektom, na ktorom by mala byť postavená podniková stratégia, každého úspešného a zdravého výrobného podniku.

Vytvorenie vhodného a optimálneho PLM riešenia si vyžaduje holistický prístup založený na dôkladnej analýze všetkých činností, ktoré je nutné vykonať na všetkých úrovniach životného cyklu realizovaného produktu.

Informačné toky je potrebné analyzovať a monitorovať naprieč celou organizačnou štruktúrou ako na úrovni vnútropodnikových činností tak aj v prípade obchodnej mimopodnikovej spolupráce, či už v oblasti dodávok súčiastok, alebo predaja.

Takáto stratégia dáva priestor pre inovácie, výrobu, podporu a vyradenie výrobkov počas ich životného cyklu ako veľkým podnikovým korporáciám ako aj menším podnikom. Slúži k uchovávaniu najlepších praktík, poznatkov, procesov a duševného kapitálu na opakované použitie.

Snímka 151



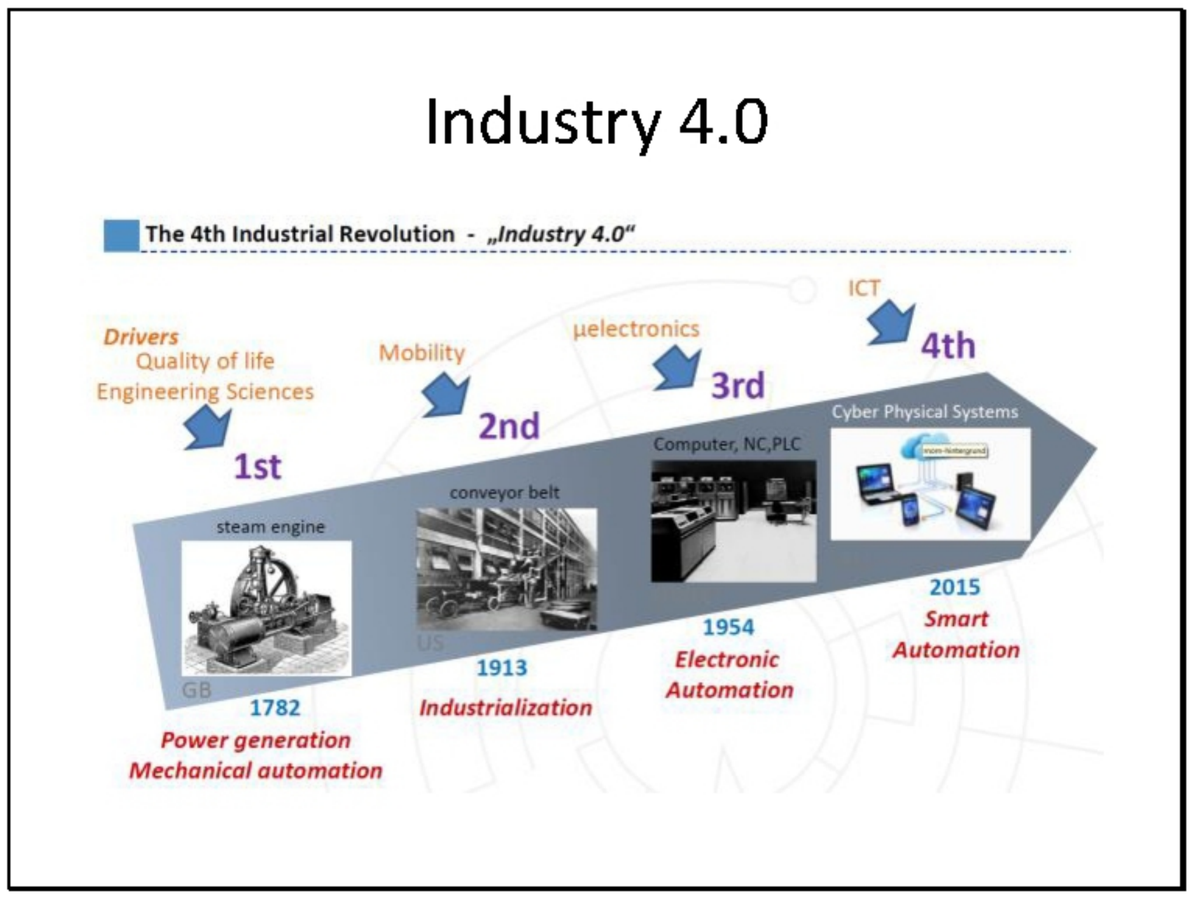
Siemens PLM dnes poskytuje najucelenejšie a najširšie produktové portfólio riešení pre tvorbu a riadenie informácii o výrobku v celom životnom cykle. V súčasnosti ich produkty využíva väčšina najvýznamnejších podnikov z oblasti automobilového a leteckého priemyslu a všeobecného strojárstva a počet používateľom narastá.
Siemens PLM Software zahŕňa niekoľko softvérových nástrojov pre rôzne oblasti výroby, ktoré je možné navzájom prepojiť. Nástroje v sade Tecnomatix umožňujú priemyselným podnikom využívať v praxi koncepciu digitálneho podniku, teda plánovať a projektovať výrobu, navrhovať, verifikovať a optimalizovať procesy a výrobné zdroje v digitálnom prostredí. (Obr.6)
Presné digitálne modelovanie, simulácia a priestorová (3D) vizualizácia dovoľujú odborníkom, ktorí pracujú na vývoji, vizualizovať, analyzovať budúci výrobný proces, čím sa obmedzuje možnosť vzniku chýb, ktoré by sa mohli objaviť počas nábehu výroby.
Produktové portfólio Tecnomatix je veľmi rozsiahle. Je zložené zo vzájomne prepojených, ale súčasne samostatne použiteľných softvérových produktov.

Snímka 152

Kľúčové oblasti riešenia

- *vývoj nových produktov* – vyvážené plánovanie výroby v zhode s produktovým manažmentom zaručuje konkurenčné výhody.
- *synchronizácia reťazca hodnôt* – výmena inovatívnych myšlienok a synchronizácia požiadaviek s dodávateľským reťazcom po celom svete.
- *podniková správa údajov* – využívať výhody vedomia, že podnik využívajúci Tecnomatix pracuje podľa rovnakých pravidiel v rámci životného cyklu portfólia.
- *znalosti/riadenie duševného vlastníctva* – zvýšenie toku informácií do procesu rozvoja zaistí úspech a získa nové poznatky pre budúci vývoj.
- *zhoda* – automatizovať zber údajov v miestach výroby k zníženiu rizík a zaisteniu zhody.
- *efektivita výroby* – plánovanie, tvorba a optimalizácia výrobných procesov k zvýšeniu produktivity, zvýšeniu ziskovosti a zaručujúca vynikajúcu kvalitu.
- *systémové inžinierstvo a mechatronika* – použitie systémových pohľadov a overenie elektro-mechanických procesov pre čo najefektívnejšiu výrobnú prevádzku.

Snímka 153



Prvá priemyselná revolúcia použila paru na mechanizáciu výroby.
Druhá už použila elektrickú energiu a pásovú výrobu k vytvoreniu sériovej výroby.
Tretia už uplatnila elektroniku a informačné technológie pre automatizáciu výroby.

Teraz prichádza štvrtá priemyselná revolúcia, vychádzajúca z tretej, môžeme ju nazvať digitálnou revolúciou, ktorá sa datuje niekedy od polovice minulého storočia. Je charakterizovaná zlúčením technológií, ktoré stierajú hranice medzi fyzickými, digitálnymi a biologickými sférami.

Existujú tri dôvody, prečo sa dnešná transformácia predstavuje nielen ako predĺženie tretej priemyselnej revolúcie, ale skôr príchod štvrtej a to:
rýchlosť
rozsah
vplyv systémov
Rýchlosť súčasných objavov nemá historický precedens. V porovnaní s predchádzajúcimi priemyselnými revolúciami, štvrtá sa vyvíja skôr exponenciálnym ako lineárnym tempom. Okrem toho zasahuje takmer do každého priemyslu v krajinách celého sveta. Šírka a hĺbka týchto zmien ohlasujú transformáciu celých systémov výroby a riadenia. Možnosti miliardy ľudí spojených mobilnými zariadeniami, s nebývalým výpočtovým výkonom, dátové úložné kapacity a prístup k znalostiam, sú takmer neobmedzené. A tieto možnosti sú umocnené vznikajúcimi technickým objavmi v oblastiach, ako je umelá inteligencia, robotika, internet vecí, autonómne vozidlá, tlač 3-D, nanotechnológie, biotechnológie, vedy o materiáloch, skladovanie energie a kvantovej výpočtovej technike.

Snímka 154

Industry 4.0

Hlavný cieľ:

„smart fabrika“

Industry 4.0 je postavené na dvoch hlavných pilieroch:

- **digitalizácii –** výrobkov, procesov, zariadení, služieb...
- aplikácii **exponenciálnych technológií**

Priemyselná výroba vstupuje do prelomovej etapy – po ére pary, elektriny a počítačov prichádza ďalší technologický skok v podobe Industry 4.0. Do desiatich rokov zmení výrobné závody na nepoznanie. Výsledkom bude „smart fabrika“, kde inteligentné zariadenia prevezmú všetky manuálne a obslužné činnosti a riadiace systémy budú samy organizovať efektívny chod výroby.

Produktivita vzrastie o 30 až 50 percent, hlavne vďaka flexibilite a schopnosti rýchlo reagovať na potreby trhu. Želania zákazníkov poputujú po internete priamo na výrobnú linku, takže individuálne zákazky bude možné spracovať v cene veľkosériovej produkcie.
Strategická línia Industry 4.0 vznikla v Nemecku ako reakcia na pokles priemyselnej výroby po úniku výrobných kapacít do lacnejších krajín. Do iniciatívy sa zapojili popredné nemecké koncerny ako Siemens, Bosch, Schunk či Volkswagen. Cieľom je reindustrializovať Nemecko špičkovými technológiami, schopnými konkurovať aj tej najlacnejšej pracovnej sile. Zároveň sa vytvorí množstvo pracovných miest pre vysoko kvalifikovaných ľudí a rozšíria príležitosti pre ďalší výskum a vývoj.
Pre zvyšovanie produktivity v modernom priemysle už nebude rozhodujúca cena pracovnej sily, povedie cez nástroje Industry 4.0. To je dôležitá správa pre slovenské podniky, zvlášť subdodávateľov, ktorí sú s nemeckými koncernami tesne previazaní. Kto túto technologickú vlnu podcení, navždy mu ujde vlak.
Súčasťou línie Industry 4.0 je koncept Digitálneho podniku. Vďaka kompletnej digitalizácii výrobných prvkov, procesov i riadiacich systémov dovoľuje vytvoriť „virtuálnu fabriku“ totožnú s reálnou. Umožní ďalšie zlepšovanie štruktúry výroby, využitia Smart data, komunikácie a kooperácie inteligentných prvkov, ako aj schopnosti učenia sa a samoorganizácie.

Na vývoj nástrojov Digitálneho podniku sa už niekoľko rokov sústreďuje Stredoeurópsky technologický inštitút CEIT v Žiline. Inovatívnymi riešeniami pre strojárske podniky a automobilky najmä zo skupiny Volkswagen sa stal dôležitým motorom Industry 4.0 na Slovensku.

Snímka 155

Smart factory

Inteligentná továreň je postavená na technológiách:

- CPS – Kyberneticko fyzikálne systémy
- Internet of Things
- Internet of Services
- Big Data
- Cloud Computing
- Product Lifecycle Management Systems
- Digital Manufacturing
- Digital Twin
- Exponenciálne technológie

Svet Industry 4.0 je postavený na tom, že ľudia, stroje, zariadenia, logistické systémy a produkty dokážu navzájom priamo komunikovať a spolupracovať. Všetko speje k totálnemu zosieťovaniu. Dôvodom je využitie obrovského množstva doteraz nezachytiteľných informácií na podstatne rýchlejšie a správnejšie rozhodovanie. Tesné prepojenie produktov, zariadení, ľudí zvyšuje efektívnosť výrobných strojov a zariadení, znižuje náklady a šetrí zdroje. Inteligentné sledovanie a transparentné procesy poskytujú spoločnostiam neustály prehľad, ktorý im umožní pružne a rýchlo reagovať na zmeny na trhoch.

Podniky smerujú k tzv. Inteligentnej (Smart) továrni.

Cyber-physical systems (CPS) predstavujú významný evolučný krok. Sú to fyzické zariadenia so vstavanými nástrojmi na digitálny zber dát, ich spracovanie a distribúciu, a cez internet sú vzájomne on-line spojené.

CPS sú základom pre Internet vecí, a v kombinácii s Internet službami vytvárajú základnú bázu pre Industry 4.0.

Spojenie CPS, vysoko výkonného softvéru a špeciálnych užívateľských rozhraní, ktoré sú integrované do digitálnych sietí, vytvára úplne nový svet systémovej funkcionality. Moderné mobilné telefóny sú snáď najzreteľnejším príkladom, ponúkajúcim rozsiahly balík aplikácií a služieb, ktorý úplne zmenil pôvodnú funkciu telefónu.

CPS 1. generácie obsahujú identifikačné technológie, ako RFID senzory (Radio Frequecy Identification), ktoré umožňujú jednoznačnú identifikáciu zariadenia, do ktorého sú zabudované

CPS vybavené snímačmi a akčnými členmi s obmedzeným rozsahom funkcií
CPS tretej generácie môžu ukladať, analyzovať a spracovávať dáta v pomerne veľkom rozsahu, sú vybavené viacerými senzormi a akčnými členmi

CPS systémy sú dôležitým prvkom výrobkov, výroby, skladového hospodárstva, robotiky, riadenia dopravy, logistických služieb, riadenia dodávateľských reťazcov, fleet management, telemedicíny...
Komunikácia M2M (Machine To Machine) je všeobecné pomenovanie komunikácie cez CPS.

Internet of Things (IoT), Internet vecí je sieť fyzických objektov-zariadení, vozidiel, strojov a iných predmetov so vstavanou elektronikou, softvérom, senzormi a pripojením k sieti (CPS), ktorý umožňuje týmto objektom zber a výmenu údajov. Internet vecí umožňuje pripojené predmety ovládať na diaľku cez existujúce sieťové infraštruktúry, a vytvárať príležitosti pre ďalšiu priamu integráciu fyzického sveta do počítačových systémov. Výsledkom je zvýšenie efektivity, presnosti a ekonomické prínosy. Každý objekt je jednoznačne identifikovateľný prostredníctvom vstavaného výpočtového systému, ale je schopný začleniť sa do existujúcej infraštruktúry internetu. Odborníci odhadujú, že internet vecí sa bude skladať z takmer 50 miliárd objektov do roku 2020.

Internet of Services (IoS) Internet služieb je oblasť, ktorá je prierezovou pre všetky oblasti Industry 4.0. Predstavuje sa ako infraštruktúra, ktorá využíva internet ako médium pre ponúkanie a predaj služieb. V dôsledku toho sa služby stávajú obchodovateľným tovarom. IoS poskytuje obchodnú a technickú základňu pre pokročilé obchodné modely, zamerané na poskytovanie a využívanie služieb. Napríklad služba môže zahŕňať výskum, vývoj, projektovanie, výrobu, marketing, predaj a distribúciu určitej služby.

Big Data poskytuje infraštruktúru pre transparentnosť v priemysle, čo je schopnosť odhaliť neistoty a zdroje nekonzistentného výkonu a dostupnosti. Prediktívna výroba, ako vhodný prístup k dosiahnutiu takmer nulových výrobných prestojov a transparentnosti, vyžaduje obrovské množstvo dát a pokročilé predikčné nástroje pre systematické spracovanie dôležitých informácií. Koncepčný rámec prediktívnej výroby začína zberom rozmanitých dát, získavaných zo senzorov ako je akustika, vibrácie, tlak, prúd, napätie, dáta z regulátorov, riadiacich členov, PLC a podobne. V spracovateľskom priemysle sa zo senzorov vygeneruje obrovské množstvo dát. Veľké objemy vygenerovaných dát slúžia ako vstup do prediktívnych nástrojov a preventívnych stratégií.

Cloud Computing možno charakterizovať ako poskytovanie služieb alebo programov uložených na serveroch na Internete s tým, že používatelia k nim môžu pristupovať napríklad pomocou webového prehliadača alebo klienta danej aplikácie, a používať prakticky odkiaľkoľvek. Používatelia neplatia (za predpokladu, že je služba platená) za vlastný softvér, ale za jeho použitie. Ponuka aplikácií sa pohybuje od kancelárskych aplikácií, cez systémy pre distribuované výpočty, až po operačné systémy prevádzkované v prehliadačoch, ako je napríklad eyeOS, Cloud alebo iCloud.

Všeobecne akceptované modely služieb cloud computingu:
Software as a Service (SaaS) – Softvér ako služba

Platform as a Service (PaaS) – Platforma ako služba
Infrastructure as a Service (IaaS) – Infraštruktúra ako služba

PLM riešenie vytvára súdržnú digitálnu platformu

Digitálna výroba predstavuje použitie integrovaného počítačového systému zloženého zo simulácie, trojrozmernej (3D) vizualizácie, analýz a rôznych nástrojov určených pre spoluprácu pri tvorbe výrobku a výrobného procesu súčasne. Digitálna výroba sa vyvinula z výrobných iniciatív, ako je konštruovanie pre výrobu (Design for Manufacturing – DFM), počítačovo integrovaná výroba (CIM), flexibilná výroba, štíhla výroba a ďalších, ktoré zdôrazňujú potrebu väčšej spolupráce pri návrhu výrobkov a procesov.

Koncept Digitálneho dvojčaťa obsahuje tri hlavné časti:
fyzické produkty v reálnom priestore
virtuálne produkty vo virtuálnom priestore
pripojenie dát a informácií, ktoré zviaže virtuálne a skutočné produkty dohromady

Poslaním digitálneho dvojčaťa na výrobku je vytvárať, testovať a vyrábať výrobok vo virtuálnom prostredí. Až keď je výrobok digitálne pripravený, zaháji sa jeho fyzická výroba. Následne sa zložitejšie fyzické výrobky prostredníctvom senzorov previažu späť do svojho digitálneho dvojčaťa, takže digitálne dvojča obsahuje všetky prevádzkové informácie, ktoré slúžia na optimalizovanie práce výrobku. Digitálne dvojča sa často používa na monitorovanie, diagnostiku a prognostiku, napríklad turbína elektrárne, letecký motor, výrobné zariadenie a pod.

Digitálne dvojča sa používa aj na riadenie výrobných procesov. Nástrojmi PLM a DM sa vytvorí digitálny model výroby, odsimuluje sa, všetky procesy a činnosti sa detailne zoptimalizujú, a na tomto základe sa vytvorí fyzická výroba. Po spustení výroby sa snímajú dáta z výrobného procesu, tieto sa vyhodnocujú, neustále optimalizujú, a postupným iteratívnym spôsobom zefektívňujú. Digitálne dvojča je základným nástrojom Industry 4.0 pre zvyšovanie prevádzkovej efektívnosti výrob.

Jedným zo základných pilierov Industry 4.0 sú exponenciálne technológie. Exponenciálnymi sa nazývajú preto, lebo prinášajú prudký rast produktivity a efektívnosti.
Exponenciálne technológie

Biotechnológie
Neurotechnológie
Nanotechnológie
Nové energie ICT a mobilné technológie
3D tlač
Senzoring
Umelá inteligencia
Pokročilá robotika
Drony
Roboty dnes „vychádzajú“ z klietok, a začínajú aktívne spolupracovať s človekom na jednom pracovisku, kde robot odstraňuje rutinné činnosti, a úlohou človeka je reagovať na zmeny

a rozmanitosť aktivít. Týmto sa prekonávajú obmedzenia čisto robotizovaných alebo čisto ľudských pracovísk. Aditívne technológie (3D tlač) sa stávajú aktívnou súčasťou priemyselných výrob, v poslednom období prudko rastie ich produktivita a využiteľnosť aj vo výrobách s vyššou opakovateľnosťou.

Snímka 156

Prečo je I.4 aktuálne a dôležité:

- **Súčasné výzvy**
- **Cesta k inovačnej ekonomike**
- **Spotrebiteľ v centre všetkých aktivít**
- **V prospech pracovníkov**
- **Udržateľná prosperita**

1. Súčasné výzvy

Vo svete rastie premenlivosť trhov, skracuje sa životný cyklus výrobkov, rastie zložitosť výrobkov, a zosilňuje sa vplyv globálnych dodávateľských reťazcov. V západných krajinách v posledných rokoch prudko klesol rast produktivity, pohybuje sa na úrovni nižšej než 1%, prudko stúpol podiel rozvíjajúcich sa krajín na svetovej priemyselnej produkcii na úkor rozvinutých krajín. V tomto prostredí sa firmy snažia, aby sa stali pružnejšími, lacnejšími, rýchlejšími a lepšie reagovali na obchodné trendy. Industry 4.0 poskytuje riešenia a spôsoby, ako môžu firmy zvládnuť tieto výzvy.

2. Cesta k inovačnej ekonomike

Digitálne prepojenie nielen zlepší efektivitu, ale tiež urýchli inovácie, zavedie nové obchodné modely, ktoré môžu byť realizované oveľa rýchlejšie. Tu sú dva príklady, ako môže Industry 4.0 zvyšovať rýchlosť a prinášať inovácie:

a. Výrobcovia budú generovať nové obchody pomocou vzájomného zdieľania zariadení alebo pri predaji svojich kapacít,

b. Vďaka senzorom a konektivite, budú výrobky obohatené o služby (ako napríklad prediktívna údržba), alebo dokonca transformované do služby. Výrobca motorov nemusí v budúcnosti predávať motory, ale poskytne ich ako službu zákazníkom, a bude si účtovať iba výkon motorov, ktorý zákazník použil.

3. Spotrebiteľ v centre všetkých aktivít

Dnešní spotrebitelia požadujú individuálne vyrábané výrobky a služby (“Made-for-Me”). Inteligentné predmety, výrobky a stroje umožnia výrobcom púšťať sa do kusovej výroby, a vyrábať originálne výrobky bez navýšených nákladov.

4. V prospech pracovníkov

Ako budú stroje stále „múdrejšie“, práca vo výrobných linkách bude zušľachťovaná a

humanizovaná. Jednoduché manuálne úkony zmiznú. Pracovníci budú koordinátori, ktorí zabezpečujú hladkú výrobu a zasiahnu len vtedy, keď ich stroj vyzve k akcii. Flexibilita bude kľúčovým faktorom úspechu. Pracovníci budú pridelení tam, kde je potrebná pomoc.

5. Udržateľná prosperita

Staré modely industrializácie dôjdu. Generovanie zisku a realizácia rastu musí byť riešená s ohľadom na dlhodobé hľadisko, napríklad tým, že sa nájdu spôsoby ako sa vysporiadať s obmedzeniami v oblasti energetiky, zdrojov, životného prostredia, a sociálnych a ekonomických dopadoch. Priemysel 4.0 je veľkou nádejou pri hľadaní riešení týchto problémov. Inteligentná a inovatívna výroba bude znižovať spotrebu energie, pomáhať firmám udržať svoje podnikanie so súčasnými i novými obchodnými modelmi, a využívať nové technológie na výrobu na celom svete (a to aj pri vysokých miestnych nákladoch).

Snímka 157

Kontraproduktívne rizikové a pozitívne hlasy:

- náhrada práce človeka robotom povedie k rastu podielu kapitálu na príjmoch, a naopak poklesu podielu práce t.zn. na úkor pracovníkov.
- v Európe chýba v priemysle kvalifikovaná pracovná sila a navyše nastal populačný pokles (napr. odhaduje sa, že v roku 2030 sa v Nemecku asi o 20% zníži počet pracovníkov v produktívnom veku oproti súčasnosti), takže pokles dopytu po pracovníkoch je skôr vítaný.
- rozhodujúcim faktorom úspešnosti firiem bude skôr talent pracovníkov, než kapitál. To bude viesť na pracovných trhoch k stále oddeľujúcim sa segmentom "nízka zručnosť / nízky plat" a "vysoká zručnosť / vysoký plat", čo povedie k zvyšovaniu sociálneho napätia.
- nahradenie pracovníkov technológiami bude v konečnom dôsledku viesť k čistejším, bezpečnejším a užitočnejším pracovným miestam.
- nespokojnosť môže byť tiež spôsobená prenikaním digitálnych technológií, a dynamikou zdieľania informácií typická pre sociálne médiá. Viac ako 30 percent svetovej populácie teraz používa platformy sociálnych médií. Ich prostredníctvom sa môžu vytvárať a propagovať nerealistické očakávania pokiaľ ide o to, čo predstavuje úspech pre jednotlivca alebo skupiny, rovnako predstavujú príležitosť pre šírenie extrémnych myšlienok a ideológií.
- na jednej strane, techno-pesimisti tvrdia, že kritické prínosy digitálnej revolúcie už boli dosiahnuté, a ich vplyv na produktivitu je takmer vyčerpaný. V opačnom tábore, techno-optimisti tvrdia, že technológie a inovácie sú ešte pred inflexným bodom, a čoskoro sa rozpúta nárast produktivity a vyššieho hospodárskeho rastu.

Snímka 158

Podnikové procesy a systémy

Obsah prednášky

1. Výrobná logistika
2. Sieťové analýzy – CPM, PERT
3. Sieťové analýzy – Petriho siete
4. Projektový manažment
5. Reinžiniering

Snímka 159

Výrobná logistka

Riadenie výroby zahrňuje:

- zadanie zákaziek do výroby, to znamená odovzdanie výrobných príkazov a celej sprievodnej dokumentácie,
- riadenie priebehu zákaziek resp. dávok.

Pod výrobnou logistikou sa rozumie súhrn logistických úloh a opatrení pre prípravu, zabezpečenie a realizáciu výrobného procesu.

Obsahuje všetky činnosti súvisiace s materiálovým a informačným tokom surovín, pomocných a výrobných materiálov od skladu surovín k výrobe, ako aj od skladu polotovarov a nakupovaných dielov cez jednotlivé stupne výrobného procesu, včítane všetkých medziskladov, cez montáž po sklad hotových výrobkov.

Trh si vyžaduje od výrobkov rozsiahlu diverzifikáciu výrobkov, krátke dodacie lehoty, nízke ceny a nepretržité inovácie na báze vysokej kvality. Táto trhová náročnosť vytvára stály tlak na koordináciu všetkých zložiek výrob, na zdokonaľovanie plánovania a riadenia výroby.

Snímka 160

Ukazovatele výrobnej logistiky

1. **Štruktúrne a rámcové ukazovatele**
2. **Ukazovatele produktivity**
3. **Ukazovatele hospodárnosti**
4. **Ukazovatele kvality**

Snímka 161

Štruktúrne a rámcové ukazovatele

1. *Priebežná doba výrobku* (čas. jednotky), *[MIN]*
2. *Čas potrebný na realizáciu určitého výkonu vo výrobe* (čas. jednotky), *[MIN]*
3. *Podiel čakania, skladovania a dopravy na celkovej priebežnej dobe* = čas čakania, skladovania a dopravy / celková priebežná doba * 100 (%), *[MIN]*
4. *Podiel výrobných časov na celkovej priebežnej dobe* = výrobné časy / celková priebežná doba * 100 (%), *[MIN]*
5. *Počet disponibilných materiálov* (počet), *[MAX]*
6. *Celkový počet zákazkových dokladov* (počet), *[MIN]*
7. *Priemerný počet položiek pripadajúci na objednávku* = počet vstupných položiek objednávky / počet objednávok (položky / objednávka), *[MAX]*
8. *Podiel počítačom pripravovaných zákazkových dokladov* = počet počítačom pripravených zákazkových dokladov za obdobie / celkový počet zákazkových dokladov za obdobie * 100 (%), *[MAX]*
9. *Počet došlých zákaziek* (počet), *[MAX]*
10. *Priemerná hodnota položky došlých zákaziek* = hodnota došlých zákaziek / počet položiek došlých zákaziek (EURO / položka), *[MAX]*
11. *Hĺbka výrobného sortimentu* = vytvorená hodnota / obrat * 100 (%), *[MAX]*
12. *Stupeň údržby [MAX]*
13. *Stupeň mechanizácie [MAX]*

Význam ukazovateľov:
ŠTRUKTÚRNE A RÁMCOVÉ UKAZOVATELE
- **počet disponibilných materiálov –** materiály sú členené podľa:
- významnosti pre podnik (A, B, C),
- presnosti a spoľahlivosti prognózy (X, Y, Z),
- stupňa štandardizácie (normované súčasti a alebo špeciálne prevede - nie),
- druhu vnútropodnikovej prípravy (rezervné zásoby alebo neskladované materiály),
- **priemerný počet položiek pripadajúci na objednávku –** ukazovateľ slúži na porovnanie pri priebežných porovnávaniach vybavovania objednávok,
- **podiel počítačom pripravovaných zákazkových dokladov –** tento ukazovateľ vyjadruje stupeň prenikania počítačového spracovania pri vybavovaní objednávok. Pre analýzu produktivity a hospodárnosti je dôležité prihliadať na druh a rozsah podpory takého postupovania,
- **hĺbka výrobného sortimentu** - hĺbka výrobného sortimentu vyjadruje aký vysoký je podiel vlastnej výroby na obrate. Predstavuje tým indikátor komplexnosti výrobného procesu a tým výrobného plánovania a riadenia.

Snímka 162

Ukazovatele produktivity

1. Priemerný počet položiek došlých zákaziek na 1 pracovníka = počet spracovaných položiek došlých zákaziek / kapacita pracovných síl na vybavovanie zákaziek (položka / pracovník), *[MAX]*

2. Priemerný počet dispozičných procedúr na 1 pracovníka v dispozícii = počet dispozičných procedúr / kapacita pracovných síl v dispozícii (kus / pracovník), *[MAX]*

3. Obrat hotových výrobkov = objem výstupu hotových výrobkov zo skladu / objem zásob na sklade * 100 (%), *[MAX]*

4. Doba vybavenia objednávky pripadajúca na jednu zákazku (čas. jednotka), *[MIN]*

Význam ukazovateľov:

UKAZOVATELE PRODUKTIVITY

- **priemerný počet položiek došlých zákaziek pripadajúcich na pracovníka -** nízke hodnoty ukazovateľa poukazujú na existujúce racionalizačné potenciály. Na odvodenie dôsledkov je potrebné doplniť rozbor o ukazovatele „ podiel počítačovo pripravených zákazkových dokladov na celkovom počte zákazkových dokladov“ a „priemerné náklady spracovania jednej zákazkovej položky“. Ďalším rozčlenením kapacity pracovných síl na funkcie spracovania zákaziek, riadenie výroby je možné podstatné zvýšenie vypovedacej schopnosti tohto ukazovateľa,
- **priemerný počet dispozičných procedúr na jedného pracovníka v dispozícii** - pri hodnotení tohto ukazovateľa je potrebné prihliadať hlavne na druh dispozičnej procedúry, platnosť a prognostickú spoľahlivosť objektu dispozície a na stupeň počítačovej podpory pri dispozícii.

Snímka 163

Ukazovatele hospodárnosti

1. Náklady na spracovanie jednej položky došlých zákaziek = náklady na vybavenie zákaziek / počet spracovaných položiek došlých zákaziek (EURO / položka), *[MIN]*

2. Náklady na jednu dispozičnú procedúru = celkové dispozičné náklady / počet dispozícií (EURO/dispozičné náklady), *[MIN]*

3. Náklady spracovania pripadajúce na jednu zákazku = celkové náklady spracovania / počet výrobných objednávok (EURO / výrobná objednávka), *[MIN]*

4. Náklady riadenia pripadajúce na jednu zákazku = celkové náklady riadenia výroby / počet riadených zákaziek (EURO / výrobná objednávka), *[MIN]*

Význam ukazovateľov:

UKAZOVATELE HOSPODÁRNOSTI

- náklady spracovania jednej položky došlých zákaziek - tento ukazovateľ sa uplatňuje pri analýze hospodárnosti zákazkovej agendy v časových porovnávaniach. Stúpajúce hodnoty si vyžadujú cieľovo zamerané opatrenia ku zlepšeniu hospodárnosti,

- **náklady na jednu dispozičnú procedúru -** vysoké náklady na jednu dispozičnú procedúru môžu upozorniť na neefektívnosť vybavovania, nedostatočnú počítačovú podporu a problémy na rozhraní s inými funkciami (napr. odbyt, nákup),

- **náklady spracovania pripadajúce na jednu výrobnú zákazku -** aj u tohto nákladového ukazovateľa signalizujú vysoké hodnoty nutnosť racionalizačných opatrení. Na odvodenie príčin eventuálneho zvýšenia nákladov je potrebné prihliadať na jednotlivé nákladové druhy. Výška týchto nákladov je ovplyvňovaná štruktúrou organizácie, uplatnením počítačového spracovania, štruktúrou výroby a výrobným programom.

Snímka 164

Ukazovatele kvality

1. Podiel položiek dodacích listov na došlých zákazkách = položky dodacích listov / počet rozpracovaných položiek došlých zákaziek * 100 (%), *[MIN]*

2. Dispozične podmienený podiel reklamácií a chybných dodávok = (dispozične podmienený podiel reklamácií a chybných dodávok / celkový počet reklamácií

alebo chyb. dodávok) * 100 (%), *[MIN]*

3. Podiel dispozične podmienených výrobných porúch = (dispozične podmienené výrobné poruchy / celkový počet dispozičných porúch) * 100 (%), *[MIN]*

4. Stupeň nepodarkovosti [MIN]

Význam ukazovateľov:

UKAZOVATELE KVALITY

- **podiel položiek dodacích listov na došlých zákazkách** - tento ukazovateľ poskytuje informácie o nákladoch na spracovanie zákaziek, pretože položky vedené podľa dodacích listov (zoznamov) sa vybavujú jednoduchšie.

Snímka 165

Ukazovatele výrobnej logistiky – odchýlka, príčina, opatrenia

Charakter ukazovateľa	*Názov ukazovateľa*	*Odchýlka*	*Príčina*	*Opatrenie*
Štruktúrne a rámcové ukazovatele	*Priebežná doba výrobku*	*dlhá priebežná doba výrobku*	*dlhý čas výroby výrobku*	*štandardný čas na výrobu jedného výrobku*
	Čas potrebný na	*dlhý čas potrebný*	*nevhodne zvolený spôsob*	*zvoliť vhodný spôsob,*
	realizáciu určitého výkonu vo výrobe	*na realizáciu určitého výkonu vo výrobe*	*vykonávania určitého výkonu vo výrobe*	*používať automatizované stroje, ktoré urýchlia výkon a uľahčia prácu vo výrobe*
	Podiel čakania, skladovania a dopravy na celkovej priebežnej dobe	*vysoký podiel čakania, skladovania a dopravy na celkovej priebežnej dobe*	*dlhý čas čakania, dlhý čas skladovania, dlhý čas dopravy*	*optimalizovať čakacie doby, čas potrebný na skladovanie a čas potrebný na dopravu (pomocou vhodne zvoleného dopravného prostriedku)*
	Podiel výrobných časov na celkovej priebežnej dobe	*vysoký podiel výrobných časov na celkovej priebežnej dobe*	*dlhé výrobné časy*	*štandardný čas na výrobu jedného výrobku*
	Počet disponibilných materiálov	*nízky počet disponibilných materiálov*	*nedostatok použiteľného materiálu z dôvodu zle zvoleného obstarávania materiálu prípadne zlého spôsobu skladovania materiálu*	*zvoliť vhodný spôsob obstarávania materiálu, zvoliť vhodný spôsob skladovania materiálu*
	Celkový počet zákazkových dokladov	*vysoký celkový počet zákazkových dokladov*	*veľký počet vyhotovených zákazkových dokladov*	*optimalizovať počet vyhotovovaných zákazkových dokladov*
	Priemerný počet položiek pripadajúci na objednávku	*nízky priemerný počet položiek pripadajúci na objednávku*	*nízky počet vstupných položiek objednávky z dôvodu nesprávneho spracovania objednávok*	*zvoliť vhodnejší spôsob spracovania objednávok*
	Podiel počítačom pripravovaných zákazkových dokladov	*nízky podiel počítačom pripravovaných zákazkových dokladov*	*nízky počet počítačom pripravených zákazkových dokladov za obdobie*	*maximalizovať počet počítačom pripravených zákazkových dokladov za obdobie*

Snímka 166

Ukazovatele výrobnej logistiky – odchýlka, príčina, opatrenia

Štruktúrne a rámcové ukazovatele	*Počet došlých zákaziek*	*nízky počet došlých zákaziek*	*nedostatok zákaziek z dôvodu nedostatočnej atraktívnosti ponúkaného výrobku pre zákazníka, nedostatočná propagácia výrobku, nespokojnosť zákazníkov s vyrábaným výrobkom, nedostatočná úroveň poskytovania zákazníckeho servisu*	*zvýšiť propagáciu výrobku (reklama, billboardy, letáky...), zvýšiť kvalitu ponúkaného výrobku na základe doterajších sťažností zákazníkov(dotazníky, ochutnávky), zvýšiť úroveň zákazníckeho servisu (audit zákazníckeho servisu)*
	Priemerná hodnota položky došlých zákaziek	*nízka priemerná hodnota položky*	*nízka hodnota došlých zákaziek, nízky počet*	*zvýšiť hodnotu došlých zákaziek, zvýšiť počet*
		došlých zákaziek	*položiek došlých zákaziek*	*položiek došlých zákaziek*
	Hĺbka výrobného sortimentu	*nízka hĺbka výrobného sortimentu*	*nízka vytvorená hodnota, nízky obrat*	*zvýšiť vytvorenú hodnotu, zvýšiť obrat výrobkov*
	Stupeň údržby	*nízky stupeň údržby*	*nedostatočná úroveň údržby*	*zvýšiť úroveň údržby tak, aby zaberpečila, čo najvyššiu prevádzkovú schopnosť zariadení a strojov*
	Stupeň mechanizácie	*nízky stupeň mechanizácie*	*nedostatočná mechanizácia výroby*	*zvýšiť mechanizáciu výrobu, nahradiť ručné pracovné prostriedky strojmi a mechanizmami*

Snímka 167

Ukazovatele výrobnej logistiky – odchýlka, príčina, opatrenia

Ukazovatele produktivity	*Priemerný počet položiek došlých zákaziek na 1 pracovníka*	*nízky priemerný počet položiek došlých zákaziek na 1 pracovníka*	*nízka kapacita pracovných síl na vybavovanie zákaziek, nevhodný spôsob spracovania položiek došlých zákaziek*	*zvýšiť kapacitu pracovných síl na vybavovanie zákaziek, zvoliť vhodnejší spôsob spracovania došlých položiek zákaziek, najrýchlejšie je počítačové spracovanie*
	Priemerný počet dispozičných procedúr na 1 pracovníka v dispozícii	*nízky priemerný počet dispozičných procedúr na 1 pracovníka v dispozícii*	*nízka kapacita pracovných síl v dispozícii, nevhodne zvolený spôsob vykonávania dispozičných procedúr*	*zvýšiť kapacitu pracovných síl v dispozícii, zvoliť spôsob vykonávania dispozičných procedúr tak, aby bol odoberaný tovar v správnom termíne a požadovanom množstve*
	Obrat hotových výrobkov	*nízky obrat hotových výrobkov*	*nízky objem výstupu hotových výrobkov zo skladu z dôvodu nedostatočnej atraktívnosti ponúkaného výrobku pre zákazníka, nedostatočná propagácia výrobku, nespokojnosť zákazníkov z vyrábaným výrobkom*	*zvýšiť propagáciu výrobku (reklama, billboardy, letáky...), zvýšiť kvalitu ponúkaného výrobku na základe doterajších sťažností zákazníkov(dotazníky, ochutnávky)*
Ukazovatele produktivity	*Doba vybavenia objednávky pripadajúca na jednu zákazku*	*dlhá doba vybavenia objednávky pripadajúca na jednu zákazku*	*nie je určený štandardný čas na vybavenie jednej objednávky*	*určiť štandardný čas na vybavenie jednej objednávky*

Snímka 168

Ukazovatele výrobnej logistiky – odchýlka, príčina, opatrenia

Ukazovatele hospodárnosti	*Náklady na spracovanie jednej položky*	*vysoké náklady na spracovanie jednej položky došlých*	*nevhodne zvolený spôsob spracovania zákaziek*	*zvoliť vhodný spôsob: počítačové spracovanie zákaziek*
	došlých zákaziek	*zákaziek*		
	Náklady na jednu dispozičnú procedúru	*vysoké náklady na jednu dispozičnú procedúru*	*nevhodne zvolený spôsob vykonávania dispozičných procedúr*	*zvoliť spôsob vykonávania dispozičných procedúr tak, aby bol odoberaný tovar v správnom termíne a požadovanom množstve*
	Náklady spracovania prípadajúce na jednu zákazku	*vysoké náklady spracovania prípadajúce na jednu zákazku*	*nevhodne zvolený spôsob spracovania zákaziek*	*zvoliť vhodný spôsob: počítačové spracovanie zákaziek*
	Náklady riadenia prípadajúce na jednu zákazku	*vysoké náklady riadenia prípadajúce na jednu zákazku*	*nevhodne zvolený spôsob spracovania zákaziek*	*zvoliť vhodný spôsob: počítačové spracovanie zákaziek*

Snímka 169

Ukazovatele výrobnej logistiky – odchýlka, príčina, opatrenia

Ukazovatele kvality	*Podiel položiek dodacích listov na došlých zákazkách*	*vysoký podiel položiek dodacích listov na došlých zákazkách*	*nevhodne zvolený spôsob spracovania zákaziek*	*zvoliť vhodnejší spôsob spracovania došlých položiek zákaziek, najrýchlejšie je počítačové spracovanie*
	Dispozične podmienený podiel reklamácií a chybných dodávok	*vysoký dispozične podmienený podiel reklamácii a chybných dodávok*	*nevhodne zvolený spôsob vykonávania dispozičných procedúr*	*zvoliť spôsob vykonávania dispozičných procedúr tak, aby bol odoberaný tovar v správnom termíne a požadovanom množstve*
	Podiel dispozične podmienených výrobných porúch	*vysoký podiel dispozične podmienených výrobných porúch*	*nevhodne zvolený spôsob vykonávania dispozičných procedúr*	*zvoliť spôsob vykonávania dispozičných procedúr tak, aby bol odoberaný tovar v správnom termíne a požadovanom množstve*
	Stupeň nepodarkovosti	*vysoký stupeň nepodarkovosti*	*vysoká nepodarkovosť z dôvodu zlého nastavenia strojov, nevhodného použitého materiálu*	*optimalizovať nepodarkovosť správnym nastavením strojov, používaním vhodného materiálu*

Snímka 170

Logistické náklady - VÝROBNÁ LOGISTIKA

DRUH LOG. NÁKLADOV	ROZDELENIE LOG. NÁKLADOV	VZOREC	VYSVETLIVKY	MJ
Náklady na technickú prípravu výroby (TPV)	Náklady na základný výskum (N_{ZV})	$N_{ZV} = N_V + N_{PPV}$	N_V = náklady na výskum N_{PPV} = náklady na projektovú prípravu výroby	Euro
	Náklady na vývojovú a výrobnú konštrukciu (N_{VVK})	$N_{VVK} = N_V + N_K$	N_V = náklady na výskum N_K = konštrukčné náklady	Euro
	Náklady na technologickú a materiálovú prípravu výroby (N_{TMPV})	$N_{TMPV} = N_{ZV}+N_{VVK}+N_{PV}+N_M+N_T$	N_{ZV} = náklady na zákl. výskum N_{VVK} = náklady na vývojovú a výrobnú konštrukciu N_{PV} = náklady na prípravu výroby N_M = náklady na materiál N_T = náklady na technológie	Euro
Náklady na operatívne plánovanie	Náklady na výrobné rozhodovanie (N_{VR})	$N_{VR} = N_{PV}+MP$	N_{PV} = náklady na PC vybavenie MP = mzdy pracovníkov	Euro
	Náklady na dispečerské riadenie (N_{DR})	$N_{DR} = N_{PV}+N_{TV}+MP$	N_{PV} = náklady na PC vybavenie N_{TV} = náklady na iné techn. vybavenie MP = mzdy pracovníkov	Euro
	Náklady na operatívnu evidenciu (N_{OE})	$N_{OE} = CS+CH+MP$	CS = cena softwaru CH = cena hardwaru MP = mzda pracovníka	Euro
Náklady na výrobný proces	Náklady na výrobný proces (N_{VP})	$N_{VP} = N_P+N_{MM}+N_{FS}$	N_P = náklady na prípravu N_{MM} = náklady na manipuláciu s materiálom N_{FS} = náklady na fungovanie systému	Euro
Ostatné náklady súvisiace s výrobnou logistikou	Náklady na riadenie a optimalizáciu materiálového toku (N_{ROMT})	$N_{ROMT} = N_{RMT}+N_{OMT}+MP$	N_{RMT} = náklady na riadenie materiálového toku N_{OMT} = náklady na optimaliz. materiálového toku MP = mzdy pracovníka	Euro

Logistické náklady priradené subsystému – výrobná logistika

Pod výrobnou logistikou rozumieme súbor logistických úloh a opatrení pre prípravu, zabezpečenie a realizáciu výrobného procesu.
Obsahuje všetky činnosti, ktoré súvisia s materiálovým a informačným tokom surovín, pomocných a výrobných materiálov od skladu surovín k výrobe, ako aj od skladu polotovarov a nakupovaných dielov cez jednotlivé stupne výrobného procesu vrátane všetkých medziskladov, cez montáž po sklad hotových výrobkov.
Náklady na výrobnú logistiku sa dajú rozdeliť do viacerých skupín. Sú to náklady na technickú prípravu výroby (TPV), náklady na operatívne plánovanie výroby, náklady na samotný výrobný proces a náklady na riadenie materiálového toku. Každá z týchto skupín nákladov má ďalšie podskupiny.
Pri TPV sú to náklady na základný výskum, náklady na aplikovaný výskum, náklady na vývojovú a výrobnú konštrukciu, náklady na organizáciu konštrukčnej prípravy výroby, náklady na technologickú a materiálovú prípravu výroby, náklady na výrobu prototypu a nábeh výroby.
V druhej skupine (v skupine operatívneho plánovania výroby) sú to náklady na výrobné rozhodovanie, náklady na dispečerské riadenie a operatívnu evidenciu. Posledná skupina sú náklady na riadenie a optimalizáciu materiál. toku.

Snímka 171

Logistický audit

Zoznam auditovaných procesov v oblasti:

Výrobná logistika

1. Strategický plán a stratégia výroby
2. Makrologistické rozhodnutia I.
3.Makrologistické rozhodnutia II.
4. Zákazková logistika, kapacitné plánovanie
5. Operatívne plánovanie
6. Dispečerské riadenie
7. Operatívna evidencia
8. Organizácia výrobného procesu
9. Hodnotenia, rozbory, spätné väzby
10. Informatizácia v riadení výroby

Snímka 172

Sieťové analýzy

V súčasnej dobe poznáme približne 100 druhov metód sieťovej analýzy, avšak poväčšine ide o variácie nasledujúcich základných metód :

- **Metóda CPM** (Critical Path of Method) – metóda kritickej cesty je určená pre deterministické výrobné procesy, ktoré sa modelujú hranovým grafom.
- **Metóda PERT** (Program Evolution and Review Technique) je určená pre nedeterministické výrobné procesy, kde sa jednotlivé operácie hodnotia pomocou času, ktorý je definovaný normálnym rozdelením pravdepodobnosti. Pomocou tejto metódy sa procesy modelujú hranovo-orientovaným grafom.
- **Metóda MPM** (Metra Potencial Method) je vhodná pre deterministické výrobné procesy charakteristické paralélnym priebehom procesov a taktiež spätnou väzbou.
- **Metóda GERT** (Graphical Evaluation and Review Technique), ktorá je určená pre pravdepodobné výrobné procesy modelované ako všeobecné sieťové grafy.

Metódy sieťovej analýzy sa zaoberajú modeláciou jednorázových výrobných procesov. Tieto metódy su predurčené na synchronizáciu veľkého množstva operácií, ktoré vzájomne súvisia. Predpokladom použitia akejkoľvek z metód sieťovej analýzy je možnosť rozloženia procesu na viacero na seba nadväzujúcich čiastkových činností medzi ktorými je podmienenosť. Tento predpoklad je výhodný hlavne v podmienkach, kde sa činnosti prekrývajú a prebiehajú súčasne. Metódy vychádzajú z myšlienky, že daný výrobný proces sa znázorní v sieťovom grafe zodpovedajúceho typu. Pomocou tohto grafu realizujeme analýzu času, kapacity a nákladov za cieľom nájdenia minimálneho času realizácie výrobného procesu. Cieľom analýzy je (z hľadiska logistiky) zosúladenie výrobných operácií, nájdenie časov ich začiatku a konca, a teda zrealizovať detailné časové plánovanie, podľa ktorého sa bude výrobný proces uskutočňovať.

Snímka 173

Sieťová analýza – CPM

Jedným z najhlavnejších cieľov tejto metódy je skrátenie celkovej doby trvania procesu. Nájdením kritickej cesty, ktorá pozostáva z kritických činností, určíme celkový čas realizácie procesu.

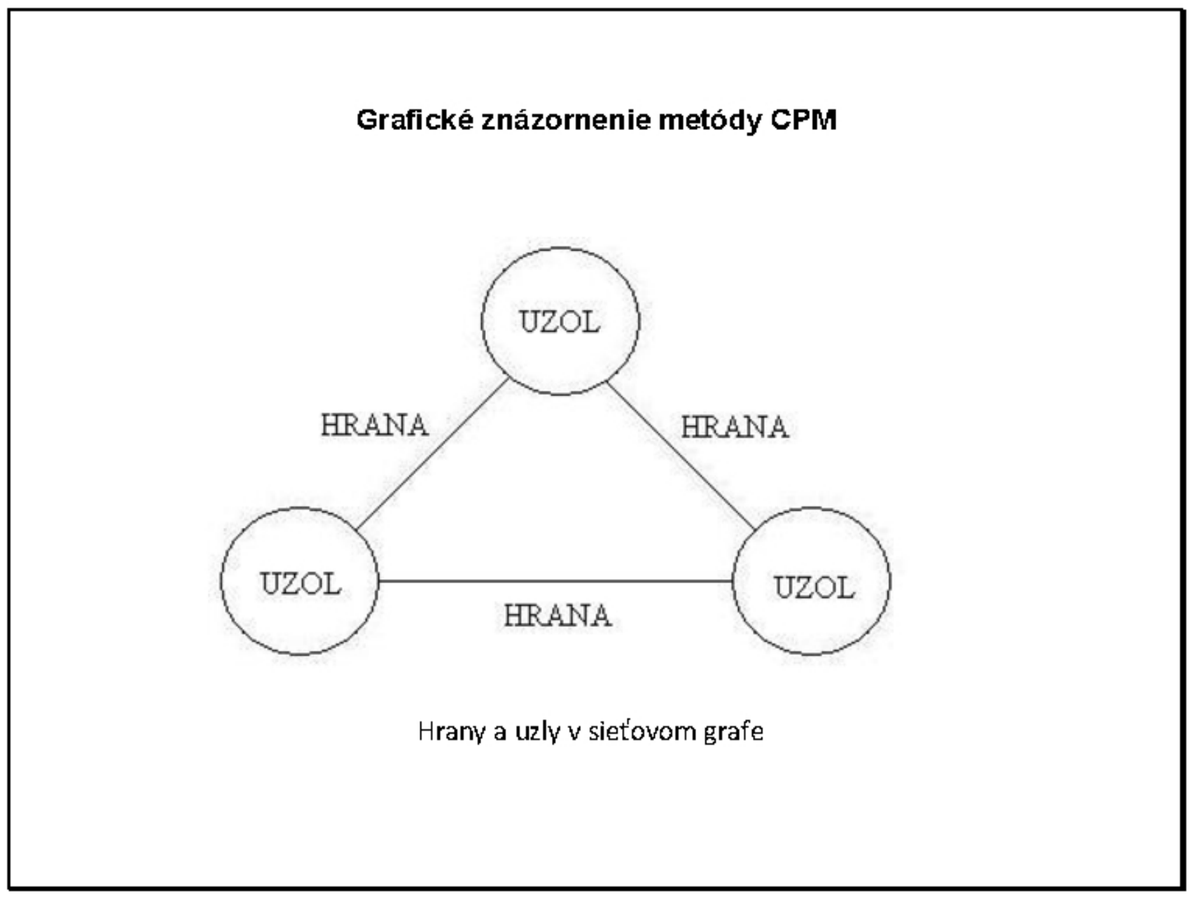
Dĺžka kritickej cesty je určená súčtom časov trvania jednotlivých činností vo výrobnom procese. Tieto činnosti musia ležať na kritickej ceste , čím sa na nej nenachádzajú žiadne časové rezervy.

Metódu CPM možno realizovať „ručne“ alebo za pomoci software-u.Do výpočtov možno zakomponovať logické väzby všetkých činností. Pomocou grafického znázornenia týchto väzieb je možné urobiť analýzu alternatívnych usporiadaní činností s cieľom plynulého chodu procesov, ktorý vedie ku skráteniu doby trvania procesu.

Nevýhodou metódy je to, že jednotlivé činnosti sú prepojené, a teda jedna činnosť nemôže začať skôr ako sa iná ukončí.

Základnou deterministickou metódou sieťovej analýzy je metóda kritickej cesty (CPM). Bola publikovaná už v roku 1957 a využíva sa dodnes.

Snímka 174



Analýza podnikových procesov pomocou tejto metódy je najčastejšie znázorňovaná v sieťovom grafe. Sieťový graf popisuje poradie činností potrebných pre dokončenie procesu. Pomocou tohto grafu zobrazujeme logický proces od vzniku činnosti po jej ukončenie a teda konštruovanie sieťového grafu je teóriou časovej, vecnej a informačnej postupnosti činností, ktoré sú potrebné uskutočniť s cieľom splnenia celej akcie. Základnými prvkami sieťového grafu sú uzly (body) a hrany (spojovacie čiary).

Uzol – je určený časovým okamihom, javom, bodom alebo udalosťou, ktorá opisuje moment začiatku alebo konca danej činnosti (alebo viacerých činností). Nakoľko uzol je okamih neobsahujúci čas trvania, nemá žiadne nároky na čas alebo prostriedky. V sieťovom grafe sa uzol označuje krúžkom a explicitne určuje, či jav nastal alebo nie.

Hrana – predstavuje určitú činnosť (pracovný proces) a tvorí spojovaciu čiaru medzi uzlami. Priebeh danej činnosti je charakterizovaný časom, pracovnými prostriedkami, energiou a ľudskou prácou, čím ma hrana dynamickú povahu. Obsah činnosti sa zameriava na dosiahnutie priameho uzla a je určená začiatočným uzlom (i) a koncovým uzlom (j)

Snímka 175

Základné druhy činností v sieťovom grafe

K základným druhom činností v sieťovom grafe patria:

- *aktívna činnosť* – charakterizovaná pracovným procesom vyžadujúcim požadovaný čas a zdroje,
- *čakacia činnosť* – charakterizovaná činnosťami, ktoré sa realizujú iba v čase bez potreby akýchkoľvek zdrojov,
- *fiktívna činnosť* – nezobrazuje skutočnú prácu, avšak používa sa ako pomôcka na vyjadrenie závislosti od času, technológie a organizácie, alebo vzťahy medzi reálnymi činnosťami. Vzhľadom nato, že táto činnosť nespotrebúva žiadne finančné alebo hmotné prostriedky, priraďuje sa jej nulový čas,
- *predstihová činnosť* – je predradená počiatočnému uzlu a má podobu rôznych dodatkových akcií (napríklad povolenie projektu). Na grafe ju zakresľujeme vlnovkou.

Snímka 176

Základné pravidlá pri konštrukcii sieťového grafu

Pri konštrukcii sieťového grafu sa musíme riadiť týmito pravidlami :

- sieťový graf môže obsahovať iba jeden začiatočný a jeden koncový uzol,
- každá činnosť musí pokračovať na ďalšiu činnosť (na predchádzajúcu aj nasledujúcu), okrem uzla zažiatku a konca,
- začatie novej činnosti je podmienené ukončením predchádzajúcej činnosti,
- postup činností v sieťovom grafe musí byť od začiatočného uzla po koncový, teda iba v jednom smere,
- všetky vzťahy závisloti a nezávislosti v daných činnostiach sa musia v grafe viditeľne vyznačiť,
- medzi dvoma časovými uzlami môže existovať iba jedna činnosť, avšak ak v danom čase prebiehajú viaceré činnosti súčasne, musia sa riešiť prostredníctvom fiktívnej činnosti,
- dlhotrvajúce činnosti sa musia rozdeliť na kratšie časti z dôvodu možnosti skontrolovať priebeh výrobného procesu,
- čas trvania je nevyhnutné uvádzať v každej z činností v rovnakých jednotkách (sekundy, minúty, hodiny, atď.),
- dĺžka úsečky (hrana) nepredstavuje v sieťovom grafe čas trvania danej činnosti a teda plní funkciu prehľadnosti grafu,
- v sieťovom grafe je nevyhnutné zakresliť všetky uzly (všetky činnosti),
- všetky činnosti sú v grafe dané začiatočným a koncovým uzlom.

Snímka 177

Príprava sieťového grafu

Hlavnými úlohami tejto analýzy sú:

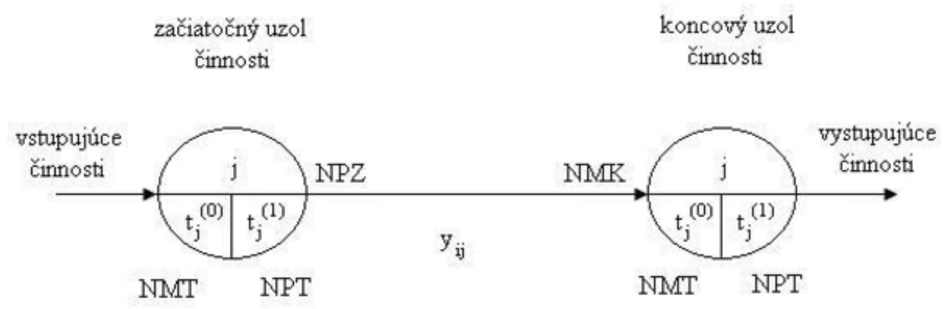
- určiť čas trvania jednotlivých činností,
- vypočítať čas trvania celého procesu,
- vyrátať kritickú cestu,
- reštrukturalizovať sieťový graf.

Po zladení poradia daných činností výrobného procesu pokračuje ich časová analýza.

Snímka 178

Aplikácia metódy CPM pomocou sieťového grafu
Principiálne zobrazený sieťový graf

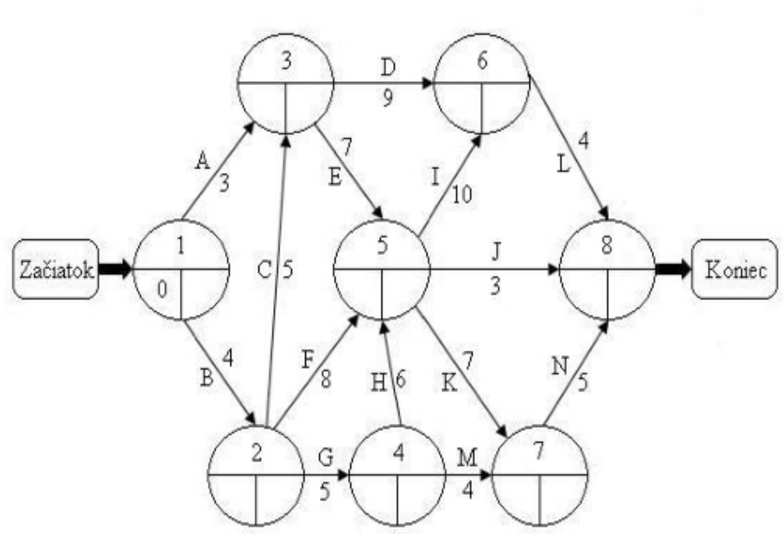
Sieťový graf možno definovať výrazom G = (U,H); kde U predstavuje množinu uzlov (u_1, u_2, u_3, ..., u_n) a H je množina hrán (h_{ij}) pre i, j = 1,2,3.



Na obrázku Obr. je principiálne znázornený sieťový graf, kde:
NMT (T_E) je najskôr možný termín uzla,
NPT (T_L) je najneskôr prístupný termín uzla,
NMZ ($t_i^{(0)}$) je najskôr možný začiatok činnosti,
NPZ ($t_i^{(1)}$) je najneskôr prípustný začiatok činnosti,
NMK ($t_j^{(0)}$) je najskôr možný koniec činnosti,
NPK ($t_j^{(1)}$) je najneskôr prípustný koniec činnosti,
D (y_{ij}) je čas trvania činnosti.

Snímka 179

Postup pri určovaní najskôr možných začiatkov činností a najskôr možných koncov činností



Sieťový graf s označením činností a doby ich trvania

- Určí sa čas začiatku prvej činnosti a zapíše sa do príslušného políčka,
- Pri činnosti A vystupujúcej z uzla 1 sa doba jej trvania (3) sčíta s políčkom najskôr možného začiatku činnosti (0) a výsledok (0+3=3) sa zapíše do políčka s označením najskôr možného konca danej činnosti,
- Najskôr možný koniec činnosti A predstavuje zároveň najskôr možný začiatok ďalších činností D a E. Toto pravidlo sa využíva aj pre všetky zvyšné činnosti. Ak nastane prípad, že niektorej činnosti predchádza viacero činností, potom sa riadime tak, že najskôr možný začiatok danej činnosti je daný najväčšou hodnotou najskôr možných koncov predošlých činností,
- Krok za krokom sa určia dané políčka až po moment, kým nie je dosiahnutý posledný uzol,
- V poslednom uzle sa hodnota pre najskôr možný koniec činnosti zapíše zároveň aj do políčka pre najneskôr prípustný koniec činnosti.

Snímka 180

Využitie metódy CPM

- Metóda CPM nabáda manažérov a členov projektov ku grafickému vyjadreniu a identifikácii rôznych aktivít, ktoré sú potrebné na dokončenie projektu. Tento faktor je veľmi dôležitý ak čas a náklady aktivít sú závislé na vonkajších premenných, ktoré majú potenciál vážne ovplyvniť čas projektu.
- Sieťový diagram ponúka tiež predpoveď času ukončenia projektu a je nápomocný pri plánovaní a rozvrhovaní činností, ktoré sú potrebné pre dokončenie projektu.
- Metóda CPM podporuje disciplinovaný a logický prístup k plánovaniu, rozvrhnutiu a riadeniu projektu po dobu jeho trvania. Častou príčinou prekročenia doby projektu je neidentifikovanie faktorov, ktoré môžu potenciálne ovplyvniť projekt. Tým, že jednotlivec je nútený identifikovať a analyzovať aktivitu, je možné venovať pozornosť detailom. Týmto sa vytvára verný a presnejší obraz o procesoch potrebných pre projekt.
- Metóda CPM identifikuje voľný čas v projekte. Projektoví manažéri tak môžu zistiť, kedy je potrebné preniesť prostriedky do iných činností a zároveň posun činností pre optimálne využitie zdrojov.
- V mnohých veľkých projektoch možno zistiť viacero kritických ciest v sieťovom grafe. Ak takýto prípad nastane, metóda CPM pomáha manažérom nájsť vhodný plán aktivít pre zvládnutie týchto kritických ciest.
- Analýza podnikových procesov metódou kritickej cesty identifikuje úlohy, ktoré musia byť dokončené včas aby bolo zabezpečené dokončenie celého projektu v stanovený čas. Zároveň sa identifikujú úlohy, ktoré môžu byť na chvíľu odložené z dôvodov presunutia zdrojov pre dobehnutie zmeškaných úloh.
- Metódou CPM je možné identifikovať cesty, ktoré môžu byť prijaté pre urýchlenie projektu, ak projekt musí byť dokončený pred dňom jeho splatnosti, alebo zistiť najkratšiu možnú dobu kritickej cesty, alebo s čo najnižšími nákladmi, ktoré sú potrebné na dokončenie úlohy.

V čase, keď sú k dispozícii meniace sa a zlepšujúce sa nástroje riadenia podnikových procesov, možnosti využitia metódy CPM budia neustály rešpekt medzi manažérmi a projektovými tímami. Nižšie sú uvedené niektoré z hlavných dôvodov, prečo sa metóda CPM používa v organizáciách aj dnes:

Snímka 181

Sieťová analýza – PERT

Metóda PERT **(Program Evaluation and Review Technique)**, neprekladá sa, používa sa pojem metóda PERT je jednou zo štandardných metód sieťovej analýzy. Metóda PERT je zovšeobecnením metódy kritickej cesty CPM. Táto metóda sa používa na riadenie zložitých podujatí majúcich **stochastický** charakter.

Tu sa trvanie každej čiastkovej činnosti chápe ako náhodná premenná majúca určité rozdelenie pravdepodobnosti. Empiricky bolo zistené, že v praxi toto najlepšie vystihuje tzv beta rozdelenie, ktoré lepšie vystihuje premenlivosť prevádzkových podmienok (napríklad banská prevádzka).

Metóda PERT sa používa v prípadoch, kedy dobu trvania činností nemožno presne určiť (možno ju určiť len s určitou pravdepodobnosťou). Tak je tomu napr. pri riadení časového priebehu procesu vo výskume, vývoji, projektovaní atď., kde kvalita a rozsah informácií o budúcich činnostiach, ktoré sme nikdy nevykonávali, je vždy nižšia než pri známych a vyskúšaných činnostiach.

Metóda PERT, založená na teórii pravdepodobnosti nezbavuje plány nedostatkov, umožňuje však stanoviť presnú mieru skrytých chýb a matematicky vyjadriť riziko zakotvené v pláne. V prvých fázach prepočtu pri použití metódy PERT sa zložitý proces rozčleňuje na čiastkové činnosti, určia sa uzlové body a zostrojí sa sieťový graf.

Snímka 182

Praktické využitie metódy PERT:

Táto metóda môže slúžiť, rovnako ako ostatné metódy sieťovej analýzy, pre odhad **doby trvania projektu**. Je používaná alternatívne k metóde CPM. Predovšetkým je metóda PERT využívaná v rámci riadenie projektov a v oblasti logistiky a dopravy.

Cieľom metódy PERT je dať objektívne podklady pre odhad pravdepodobnosti dodržania termínu realizácie zložitých programov a projektov.

Cieľom modelov PERT je také usporiadanie činností, ktoré by zabezpečilo dodržanie termínu dokončenia projektu s dostatočne vysokou pravdepodobnosťou. Základné odlišnosťou od metódy CPM je, že trvanie činnosti nie je presne známa, ale je daná iba s určitou pravdepodobnosťou. Táto doba trvania nie je konštantou, ale náhodnú veličinou s určitým rozdelením pravdepodobnosti. Vzhľadom k charakteru problémov riešených v rámci projektového riadenia, bolo pre klasické postupy zvolené rozdelenia pravdepodobnosti beta. Toto rozdelenie je veľmi blízke rozdelenie normálnemu, je spojité, jednovrcholové, mierne asymetrické, ale na rozdiel od normálneho je obojstranne ohraničené.

Snímka 183

Pri použití metódy PERT sa určuju tri časové hodnoty pre každú činnosť:

- ***Najpravdepodobnejšie trvanie činnosti*** (m)
- ***Optimistické trvanie činnosti*** (a)
- ***Pesimistické trvanie činnosti*** (b)

Najpravdepodobnejšie trvanie činnosti (m) kde odhad, ktorý predpokladá, že činnosť prebehne za tzv. normálnych podmienok. Je to časová náročnosť na splnenie danej činnosti, ktorá by sa vyskytovala najčastejšie, keby sa činnosť opakovala za nezmenených podmienok napr. stokrát. Nie je to teda priemerná časová náročnosť.

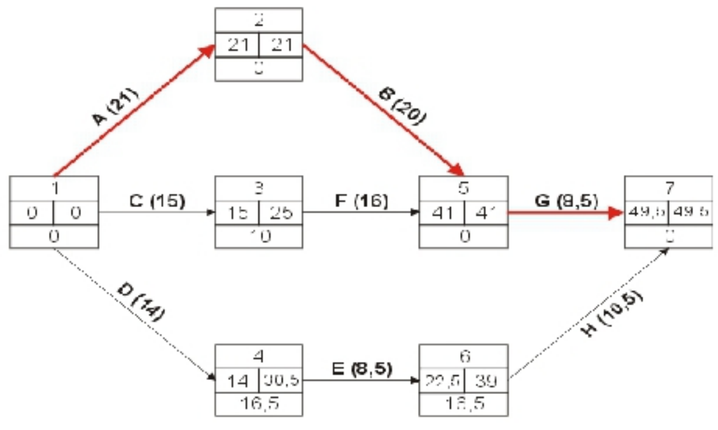
Optimistické trvanie činnosti (a) je odhad, ktorý predpokladá, že činnosť prebehne bez akýchkoľvek porúch (za ideálnych podmienok). Je to najkratšia možná doba trvania činnosti.

Pesimistické trvanie činnosti (b) je odhad, ktorý predpokladá poruchy všade tam, kde sa len môžu vyskytnúť (počíta sa s najmenej priaznivými podmienkami). Je to najdlhšia predpokladaná doba trvania činnosti.

Všetky uvedené hodnoty sa tvoria odhadom, ktorý pre jednotlivé činnosti vykonávajú odborníci poznajúci danú činnosť a podmienky, za ktorých sa bude vykonávať. Všetky tieto časové údaje sú zaťažené určitou chybou. S tým však metóda PERT počíta. Presnosť odhadu musí byť tým väčšia, čím väčšiu presnosť chceme vo výsledku dosiahnuť.

Snímka 184

PERT graficky



Snímka 185

Sieťová analýza – Petriho siete

Ich hlavnou myšlienkou je stavy subsystémov reprezentovať separátnym spôsobom.

Sú vhodným grafickým, ako aj matematickým nástrojom modelovania, analýzy a verifikácie vlastností diskrétnych systémov, ktoré môžu byť:

- súbežné,
- asynchrónne,
- paralelne,
- distribuované,
- stochastické (nedeterministické).

Tento spôsob sieťovej analýzy nesie meno podľa svojho tvorcu Carla Adama Petriho (1962), nemeckého matematiky, ktorý model tohto typu navrhol ako prvý.

Snímka 186

Prvky Petriho siete sú

- vrcholy $P(P_1,P_2.....P_n)$,
- prechody $T(t_1,t_2.....t_n)$,
- stavy M (M0,M1.....Mn).

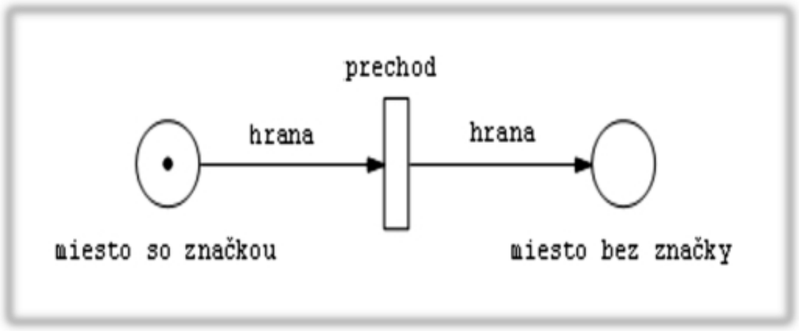
Prechod znázorňuje udalosť(zobrazuje dynamickú vlastnosť väzby)T.j. funkcie schopnosť systému zmeniť svoj stav z počiatočného stavu M_0 na M_1

„Petriho sieť (PN) je graf pozostávajúci z vrchov, prechodov a usmernených hrán. Vrcholy a prechody tvoria uzly grafu. Hrany spájajú vrcholy a prechody“

Základnými nosnými časťami Petriho sieti sú krúžky **O,** ktoré sa nazývame miesta a zvisle úsečky ———, ktoré sa nazývajú prechody, tie nám spájajú jednotlivé udalosti v systéme. Prechody a miesta sú pospájané do grafu orientovanými úsečkami nazývanými hrany. Miesta v Petriho sieti reprezentujú stavy, alebo podmienky.

Snímka 187

Základné komponenty Petriho siete



Snímka 188

Základné pravidlá Petriho sietí

- Miesto môže obsahovať celočíselný nezáporný počet tokenov.
- Kapacita udáva maximálny počet tokenov, ktoré môže dané miesto obsahovať. Ak miesto nemá zadanú kapacitu, považuje sa kapacita za neobmedzenú.
- Orientovaná hrana prepája miesto a prechod alebo prechod a miesto.
- Hrany majú definovanú váhu – udáva sa násobnosť hrany. Ak hrana nemá definovanú váhu, potom sa jej váha rovná jednej.
- Počiatočné značenie (umiestnenie tokenov v miestach pred prvým preskokom) popisuje počiatočný stav systému.
- Vývoj systému je reprezentovaný posunom tokenov v sieti na základe aktivácie prechodu.
- Každé nové značenie predstavuje nový stav.
- Miesto **p** patrí do vstupnej množiny prechodu **t** , ak z miesta *p* vedie hrana do prechodu **p**.
- Miesto **p** patrí do výstupnej množiny prechodu **t**, ak vedie hrana z prechodu t do miesta **p**.

Snímka 189

Prechod **t** je spustiteľný (enabled, activated), ak

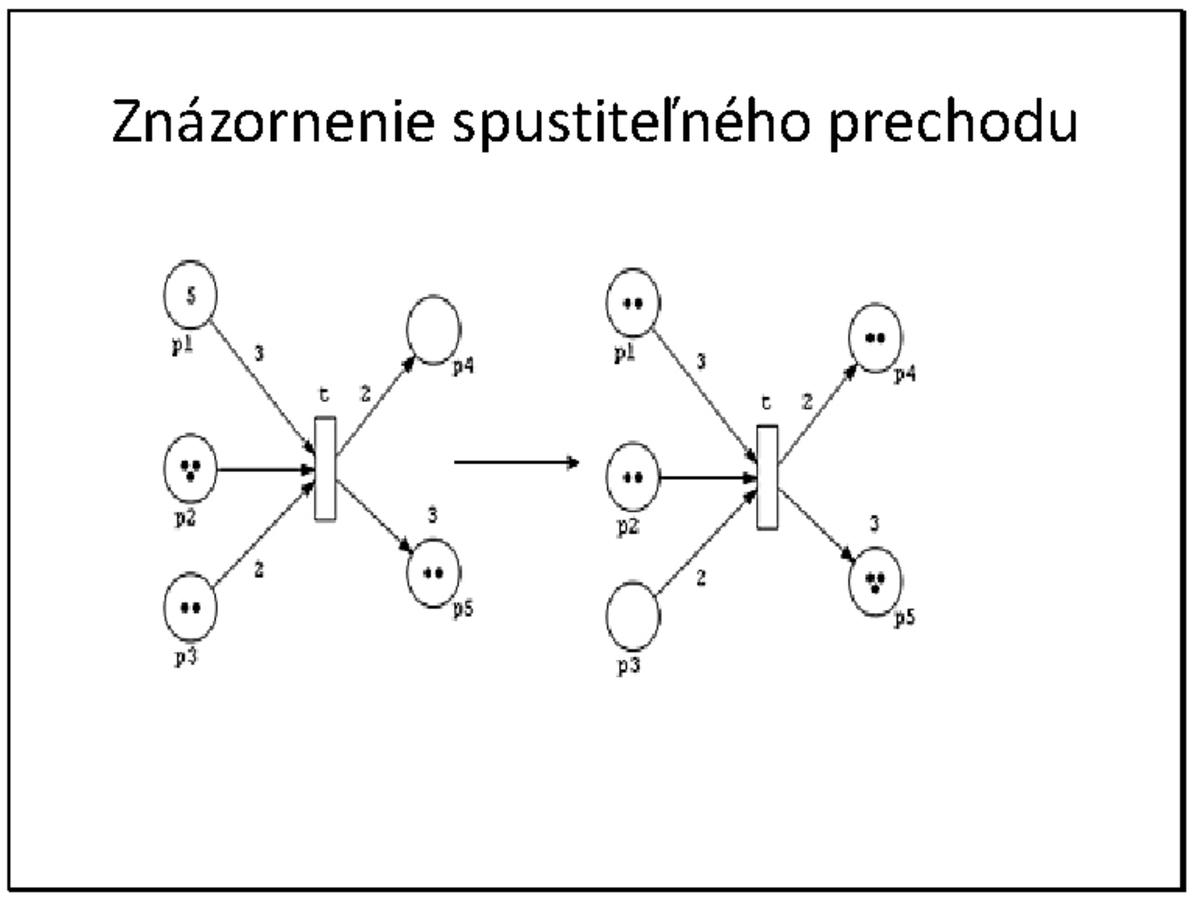
- Každé miesto **p** vstupnej množiny prechodu **t** obsahuje aspoň toľko tokenov, aká je násobnosť hrany, vedúcej z miesta **p** do prechodu **t**.
- Počet tokenov každého miesta **p** výstupnej množiny prechodu **t**, zväčšený o násobnosť hrany, smerujúcej z prechodu **t** do miesta **p**, neprevyšuje kapacitu miesta **p**.
  - V okamihu aktivácie prechodu sa odoberú tokeny zo vstupných miest a pridajú sa na výstupné miesto prechodu.
  - V každom výstupnom mieste **p** prechodu **t** sa počet tokenov zväčší o násobnosť hrany, ktorá smeruje z tohto prechodu **t** do miesta **p**.

Snímka 190

Špeciálne prípady Petriho siete

- C/E Petriho siete majú kapacitu každého miesta a násobnosť každej hrany rovnú 1.
- Obyčajné Petriho siete majú neobmedzenú kapacitu každého miesta a násobnosť každej hrany rovnú 1.
- Elementárne obyčajné Petriho siete sú obyčajné Petriho siete, pre ktoré platí:
  - Každý prechod má aspoň jedno vstupné miesto – prechod bez vstupného miesta by umožňoval nekontrolovateľný vstup ľubovoľného počtu tokenov do siete.
  - Každý prechod má aspoň jedno výstupné miesto – prechod bez výstupného miesta by umožňoval nekontrolovateľný výstup ľubovoľného počtu tokenov do siete.
  - Žiadny prechod nemá žiadne miesto, ktoré by bolo súčasne vstupným i výstupným.

Snímka 191



Príklad spustiteľného prechodu je znázornený na Obr., naľavo je prechod pred spustením, napravo vidíme prechod po spustení.

Snímka 192

Zovšeobecnené Petriho siete (GPN)

Definícia zovšeobecnených Petriho sietí (GPN):
GPN predstavuje usporiadanú päticu PN = (P, T, pre, post, M_0),

kde: P = {p1, p2, ..., pm} je konečná množina miest,
T = {t1, t2, ..., tn} je konečná množina prechodov,

pre: PxT → **N** je funkcia vstupných hrán,

post: TxP → **N** je funkcia výstupných hrán,

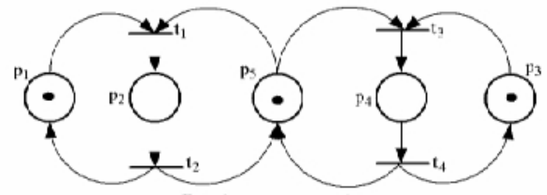
M_0 – je počiatočné značenie, M_0 Î **N**,

pričom platí P ÇT = Ø a P ÈT ≠ Ø.

Výnimočnosťou GPN je, že hrany sú označené hodnotami predikátov pre a post, ktoré predstavujú ohodnotenie (váhu) hrán a obyčajne sa zapisujú v tabuľkách. Všetky ostatné hrany, ktorých váha nie je špecifikovaná majú hodnotu ohodnotenia rovnú **1**. Hranu **k** možno špecifikovať, ako **k** paralelných hrán. Každú zovšeobecnenú PN možno pretransformovať na štandardnú PN.

Snímka 193

Zovšeobecnená Petriho sieť

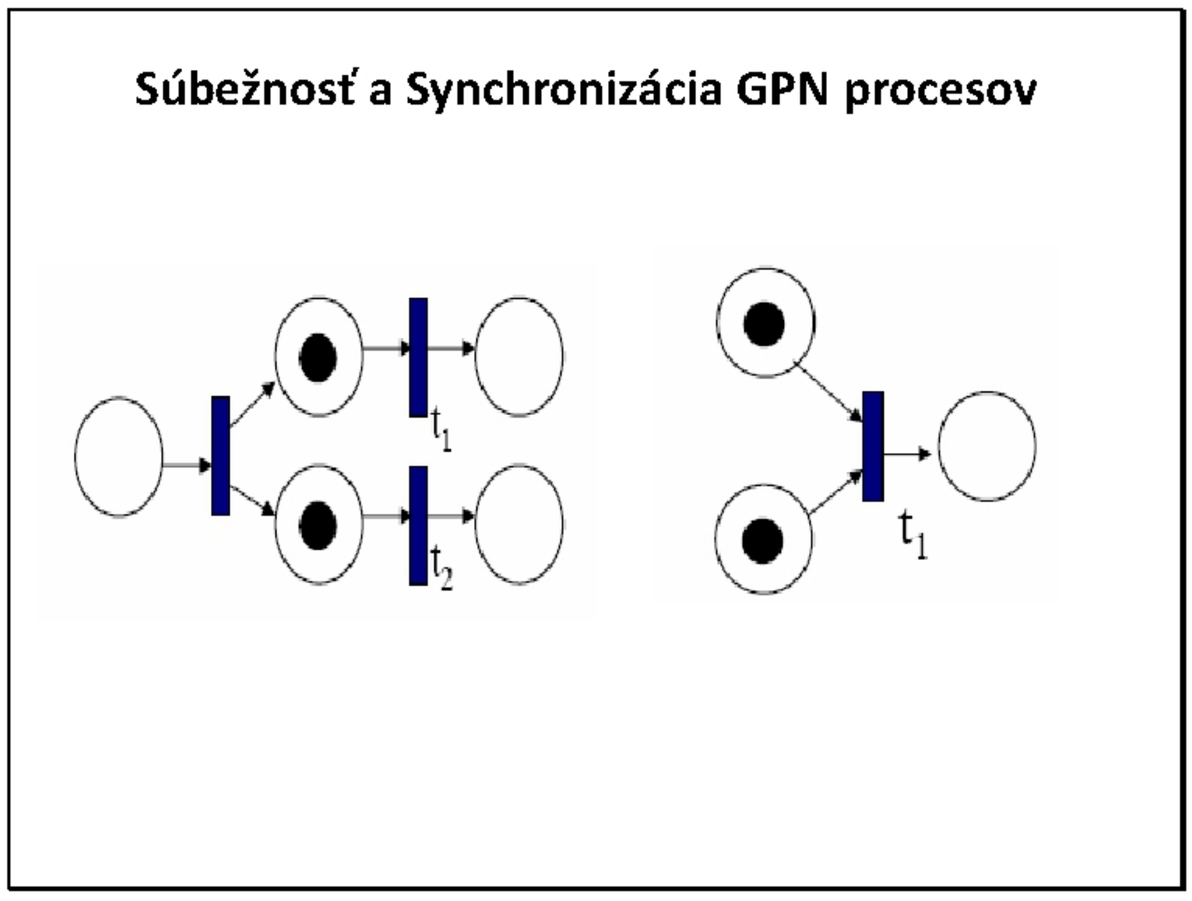


P = {p1,p2,p3,p4,p5}
T = {t1,t2,t3,t4}

P	T	pre(p,t)
p1	t1	1
p5	t1	1
p2	t2	1
p5	t3	1
p3	t3	1
p4	t4	1
inak		0

P	T	post(p,t)
p1	t2	1
p2	t1	1
p5	t2	1
p3	t4	1
p4	t3	1
p5	t4	1
inak		0

Snímka 194



Pri konštrukcii modelov pomocou systémov GPN je možné sa stretnúť s niektorými typickými situáciami akými sú napríklad

Súbežnosť (prechod viacerými vstupnými hranami): u tejto konštrukcie ide o rozvetvenie jedného procesu do viacerých na sebe nezávislých súbežných procesov.

Synchronizácia (prechod s viacerými vstupnými hranami): u týchto konštrukcii na seba navzájom čaká niekoľko procesov, ktoré následne pokračujú v jednom procese.

Snímka 195

Projektový manažment

Metodika

Momentálne je pre projekty štátneho sektora SR predpísaná metodika PRINCE2®:2009

Iné metodiky:

- STN ISO 9000: 2005,
- STN ISO 10006:2004,
- ICB®:2006,
- PMBoK®:2012,

Vývoj projektového riadenia priniesol množstvo noriem a metodík, ktoré sa uplatňujú v slovenskom podnikateľskom prostredí. Výber príslušnej metodiky je zväčša podmienený presným stanovením metodiky riadenia projektov, od hlavného investora resp. hlavého dodávateľa .

Snímka 196

Definíciu projektu chápeme podľa rôznych metodických definícií.:

- **Metodika: ICB®:2006** (IPMA® 2006) definuje projekt ako „uplatnenie všetkých poznatkov, vedomostí, nástrojov a techník na aktivity (činnosti) projektu takým spôsobom, aby boli splnené požiadavky na projekt“.
- **Metodika: PMBOK®:2012** Institute® 2012), podľa ktorej je „projekt dočasné úsilie vynaložené na vytvorenie jedinečného produktu, služby alebo určitého výsledku“.
- Podobne zadefinovala projekt **metodika Prince2®:2009** (Project in Controlled
- Environments® 2009) podľa nej „projekt je dočasná organizácia vytvorená za účelom dodať jeden alebo viacero produktov podľa dohodnutého zdôvodnenia projektu“
- Podľa slovenskej technickej normy **STN ISO 10006** (Internationall Organization for Standardization 2003) je „projekt jedinečný proces, ktorý sa skladá zo súboru koordinovaných a riadených činností s dátumom začatia a dokončenia, vykonávaných na dosiahnutie cieľa zodpovedajúceho špecifickým požiadavkám vrátane časových, nákladových a zdrojových obmedzení“.

Projekt je:

- jedinečný sled aktivít a úloh zabezpečujúcich splnenie cieľov,
- dočasné úsilie vynaložené na vytvorenie unikátnych produktov, služieb, určitých výsledkov (komodít),
- projekt ako proces má komplexný charakter,
- projekt je súbor činností, aktivít, úsilia, ktoré sú zamerané na dosiahnutie stanovených cieľov, je jednorazová transformácia vstupov (informácie, prostredie, peniaze, materiál, schopnosti a zručnosti zúčastnených ľudí) na výstupy (cieľové produkty) za pomoci vývojových činností, usporiadaných do etáp, krokov, úloh, ktoré sú koordinované riadiacimi činnosťami.

Snímka 197

Kategórie projektov

Hospodárske projekty	Ostatné projekty
Investičný projekt	Sociálny projekt
Výrobný projekt	Vojenský projekt
Výskumno-vývojový projekt	Športový projekt
Riadiaci projekt (zmena organizácie, informačného systému a pod.)	Politický projekt

Projekty z hľadiska zložitosti (vplyv na náročnosť riadenia projektu)	
jednoduché	**zložité**
projekty	**parametre projektu** skutočné trvanie projektu (≥ 6 mesiacov) skutočné náklady projektu (≥ 1 000 000 Sk) projektový tím (≥ 3 osoby)
	zložitosť projektu (účastníci projektu) odborné disciplíny (≥ 3) externí projektoví partneri (≥ 2)

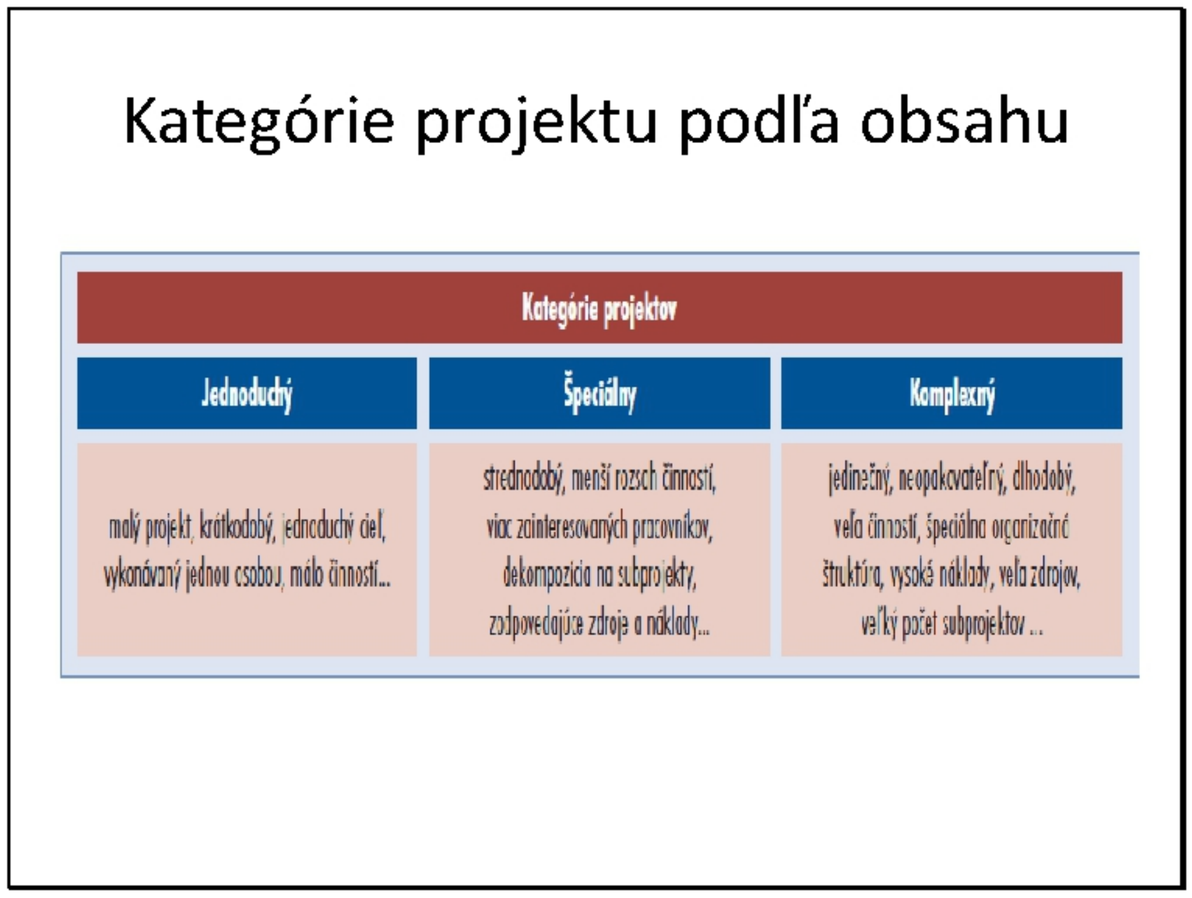
Pri hľadaní kategórií projektov v metodikách projektového manažmentu nenájdeme jednotné hodnotenie. Projekty môžeme kategorizovať napríklad podľa spôsobu financovania alebo podľa toho, kto projekty realizuje a pre koho sa projekty realizujú. Podrobnejšie rozdelenie sme si vybrali z projektov a ich zamerania:

na hospodárske a ostatné.

Z hľadiska zložitosti na jednoduché a zložité

môžeme projekty kategorizovať z hľadiska zamerania a zložitosti na zložité (tabuľka“ Kategórie projektu z hľadiska zamerania a zložitosti“)

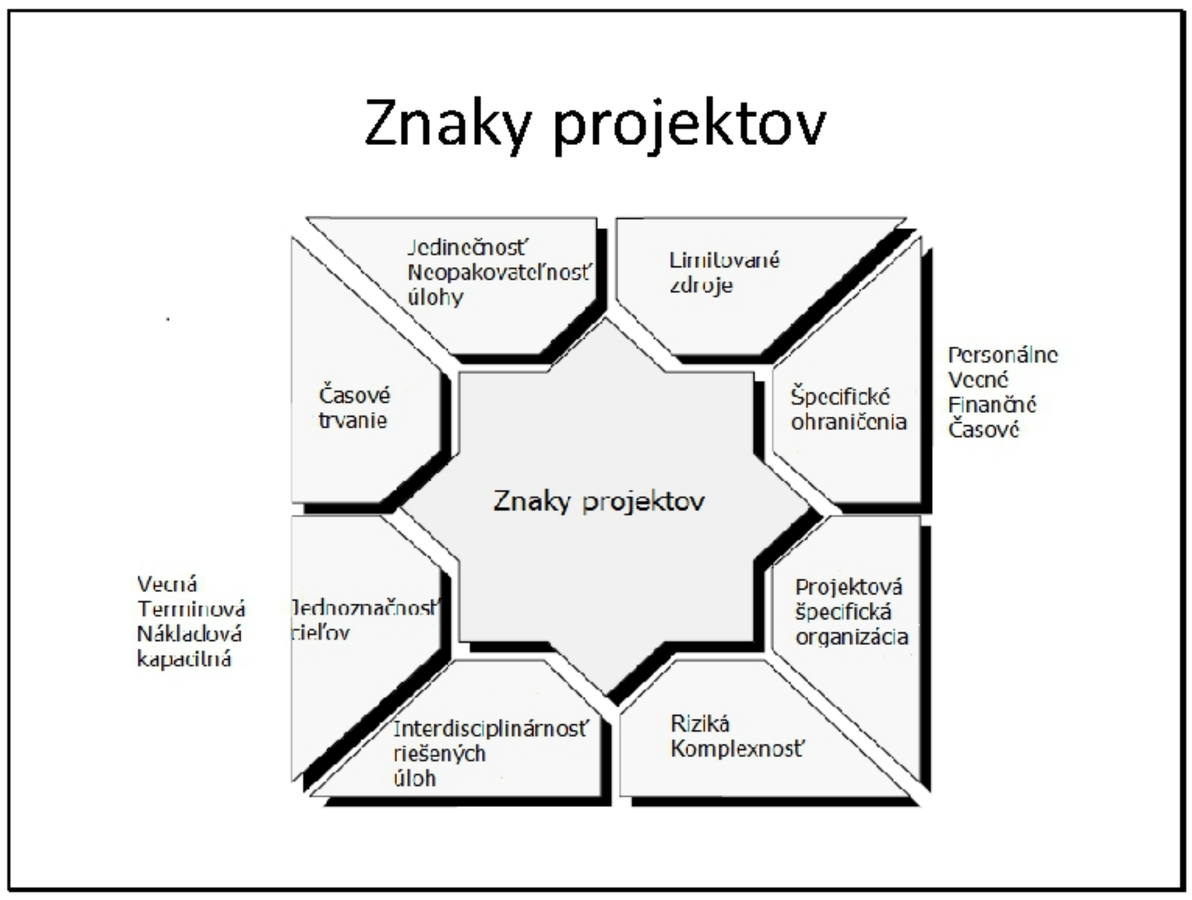
Snímka 198



Iné rozdelenie projektov je podľa obsahu kde sa projekty delia na jednoduché, špeciálne a komplexné (obrázok“ Kategórie projektu podľa obsahu“)

každé kategórie projektov majú svoje klasifikačné kritéria, normy a štandardy, ktoré majú vplyv
na spôsob manažovania projektov. Každý projekt je jedinečný a špecifický.

Snímka 199



Pre definovanie typov projektov je potrebné presne charakterizovať a identifikovať znaky a vlastnosti projektu.
Táto identifikácia by mala byť použitá pre správny výber metodiky riadenia.

Snímka 200

Vlastnosti projektu

- Projekt je časovo limitovaný, má začiatok a koniec,
- každý projekt je individuálny (aj keď má štandardné zložky),
- projekt je komplexný,
- rieši technické, ekonomické, sociálne a iné aspekty,
- rieši problém/úlohu od definovania, tvorby až po realizáciu a prevádzkovanie počas doby životnosti (vrátane ukončenia životnosti),
- projekt je cieľovo orientovaný (existuje špecifický súbor cieľov, kompatibilných s podnikovou stratégiou),
- projekt je vzťahovaný k reálnym podmienkam a má obmedzenia najmä v zdrojoch,
- projekt má vždy isté riziká a neurčitosti,
- projekt je jedinečný, viac menej neopakovateľný (cieľ, čas, zdroje, ...),
- projekt je jasne definovaný zámerom – cieľ, výsledok a výstupy,
- projekt má pevnú časovú štruktúru: je časovo limitovaný (začiatok, koniec, míľnik a etapa projektu),
- projekt má vymedzené zdroje (ľudské, finančné, materiálové),
- projekt je proces plánovaný, vykonávaný, sledovaný a riadený,
- projekt má jednoznačnú väzbu na stratégiu rozvoja.

Snímka 201

Projekt charakterizuje:

- Rozsiahlosť
- Rôznorodosť
- Väzby
- Obmedzené zdroje

Rozsiahlosť - súbor mnohých činností a prvkov.

Rôznorodosť: vyžaduje sa zjednotenie úsilia ľudí z rôznych profesií.

Väzby: mnoho vzájomne prepojených väzieb prvkov.

Obmedzené zdroje: obmedzené časové, materiálne, ľudské, finančné a ďalšie zdroje, pri zaručení kvality výstupu.

Snímka 202

Vlastnosti projektu a osobitosti projektovania

- Rast zložitosti systémov (počet prvkov a ich vzťahov),
- silnejúci vplyv prostredia na systémy (internacionalizácia, globalizácia),
- rast nekoherentnosti (multiodbornosti) systémov,
- rastúca frekvencia zmien systémov (životný cyklus),
- rastúca jedinečnosť systémov (špecializácia),
- vplyv nových technológií na technické systémy,
- dočasnosť- každý projekt má začiatok a koniec (trvá určitý čas).

Snímka 203

Úlohou projektového manažmentu je:

- plánovanie,
- delegovanie,
- kontrola a riadenie všetkých aspektov projektu,
- korigovanie projektu na základe kontroly.

Jedna z najdôležitejších rolí v projektovom riadení je Projektový manažér.

Projektový manažér a manažment nie je vývoj/výroba výsledkov/produktov daného projektu. Toto je úlohou odborných členov tímu.

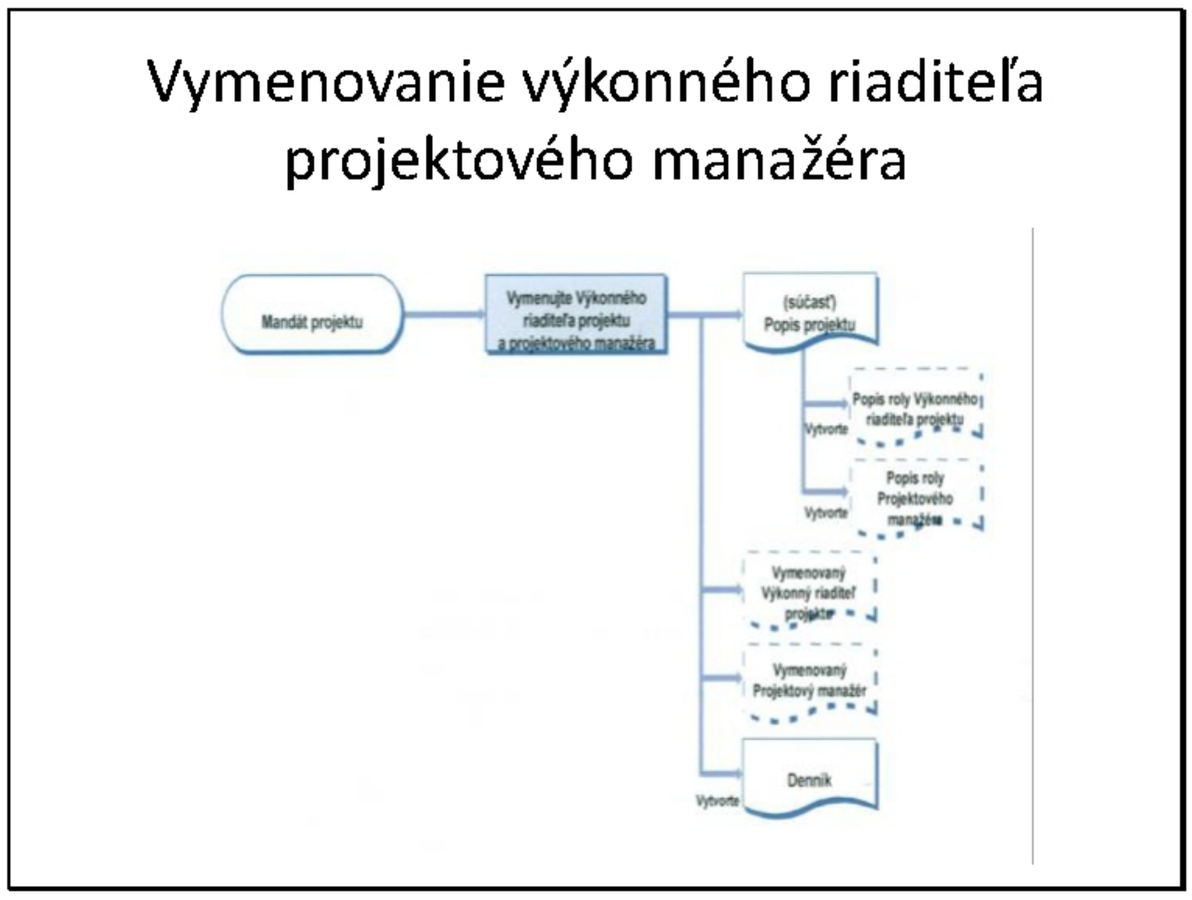
Snímka 204

Úlohou manažmentu projektu je výlučne manažovanie daného projektu.

Projektový manažér musí zohľadňovať hľadiská existujúcich šiestich rozmerov, ktoré chce projektový manažment riadiť:

- Náklady: Aké vysoké budú náklady?
- Čas: Kedy bude projekt ukončený?
- Kvalita: Hodia sa produkty na plánovaný účel?
- Rozsah: Čo presne bude dodané a čo k tomu nepatrí?
- Riziko: Koľko rizika a aké riziko chceme akceptovať?
- Úžitok: Načo to vlastne robíme?

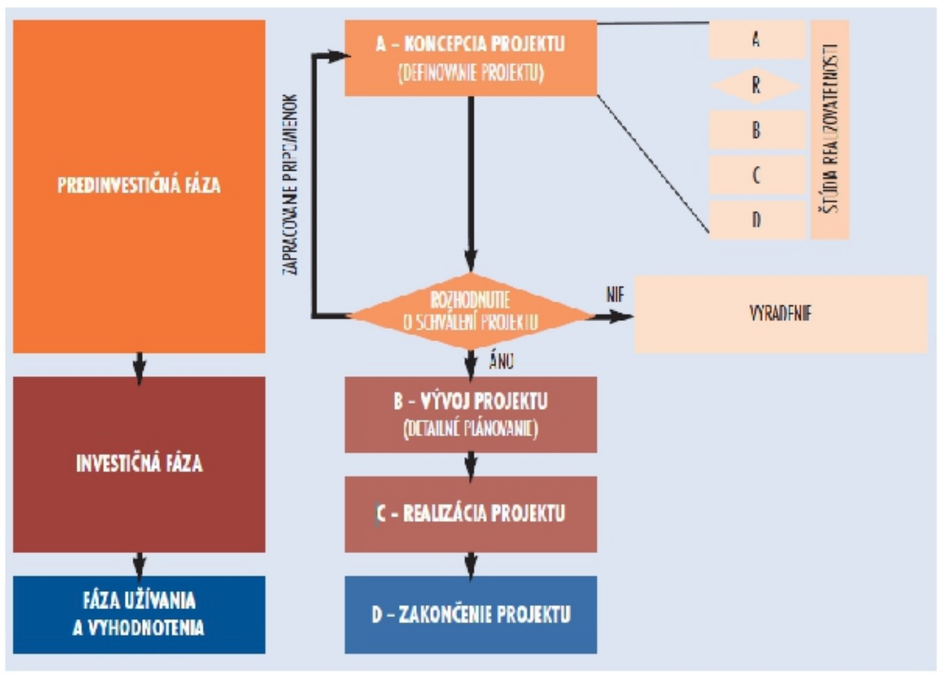
Snímka 205



Hlavná úloha projektového manažéra je zodpovednosť za operatívne riadenie projektu „daily business“. Je priamo podriadený sponzorovi. Projektový manažér je do role v projektovom tíme vymenovaný, kde dostáva mandát a sú mu definované jeho kompetencie. V niektorých organizačných štruktúrach je rola PM definovaná ako výkonný riaditeľ.

Snímka 206

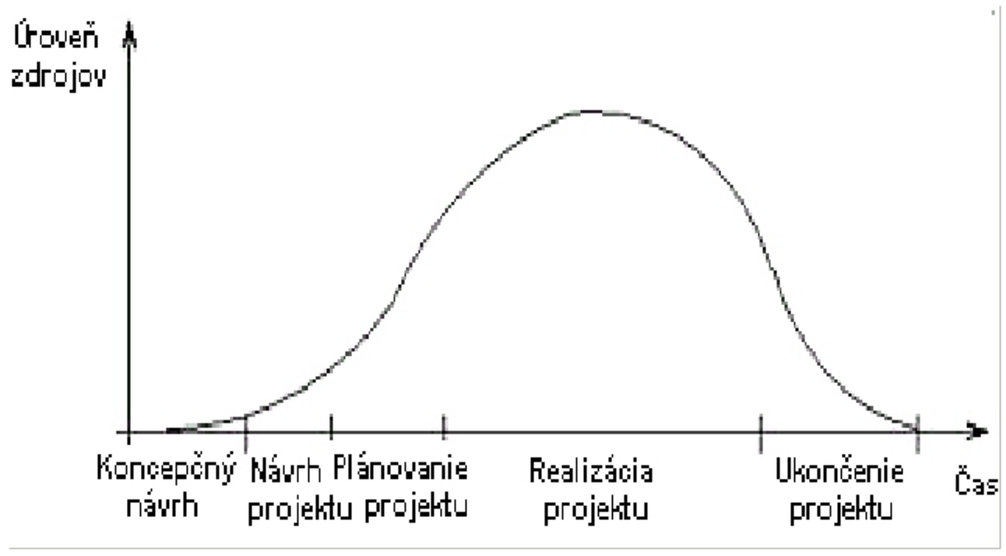
Životný cyklus projektu podľa UNDO



Životný cyklus projektu definovaný podľa metodiky UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) je charakterizovaný fázami investičného cyklu:
predinvestičná fáza (predbežné plánovanie a prípravu projektového zámeru),
investičná fáza (podrobné plánovanie a realizácia projektu),
fáza užívania a vyhodnotenia (tiež označovaná ako operačná fáza).

Snímka 207

Životný cyklus projektu podľa ISO10006



Celkovo iný odlišný životný cyklus projektu uvádza norma STN ISO 10006 , ktorá definuje tieto fázy projektu:

1. koncepcia projektu (definovanie projektu, tvorba projektového zámeru),
2. vývoj projektu (detailné plánovanie projektu),
3. realizácia projektu,
4. ukončenie projektu.

Snímka 208

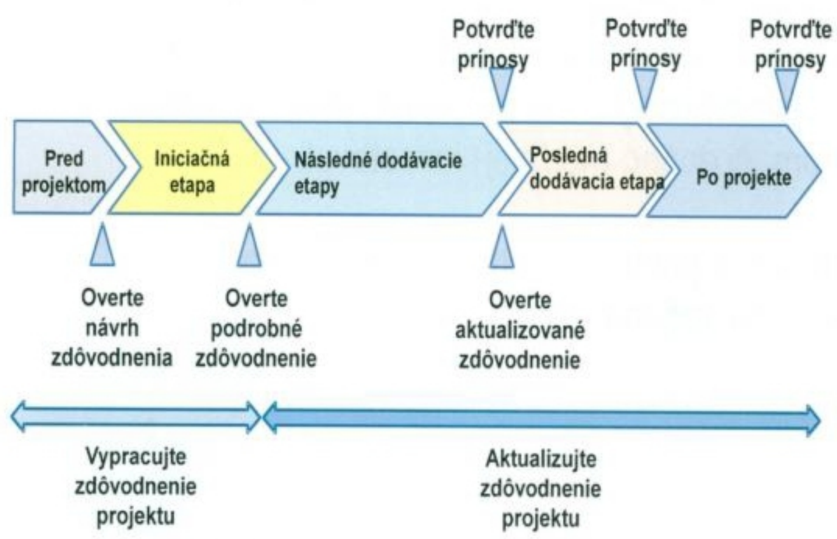
Životný cyklus projektu je rozdelený do nasledovných etáp (Prince2® 2009):

1. predprojektová príprava,
2. strategické riadenie projektu,
3. iniciácia projektu,
4. riadenie hraníc etapy,
5. riadenie etapy,
6. riadenie dodávky produktu,
7. ukončenie projektu.

Metodika podľa Prince2 rozdeľuje životný cyklus projektu na 7 etáp.
Každá etapa obsahuje niekoľko procesov. Každý proces a projekt obsahuje jedinečné činnosti, a teda zahŕňa určitý stupeň neistoty. V prípade zvýšenia neistoty je takto možné projekt alebo etapu včas zastaviť. Hranice - míľniky definujú fázové prechody, teda rozhodnutia o postúpení do ďalšej etapy.
Projekt by mal mať aj interné míľniky, ktoré nie sú spravidla pre zákazníka viditeľné. Slúžia projektovému manažérovi na kontrolu priebehu riešenia projektu.

Snímka 209

Životný cyklus projektu podľa Prince2



Snímka 210

Business Process Reengineering

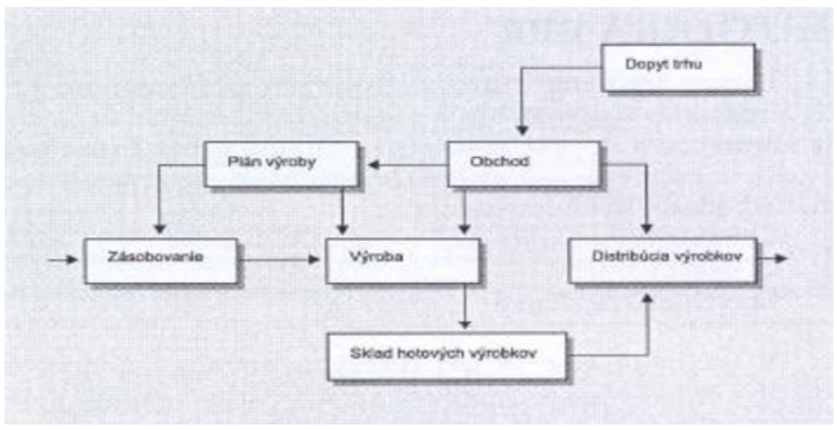


Schéma „Business Process“, ktorý je predmetom firemného reinžinieringu

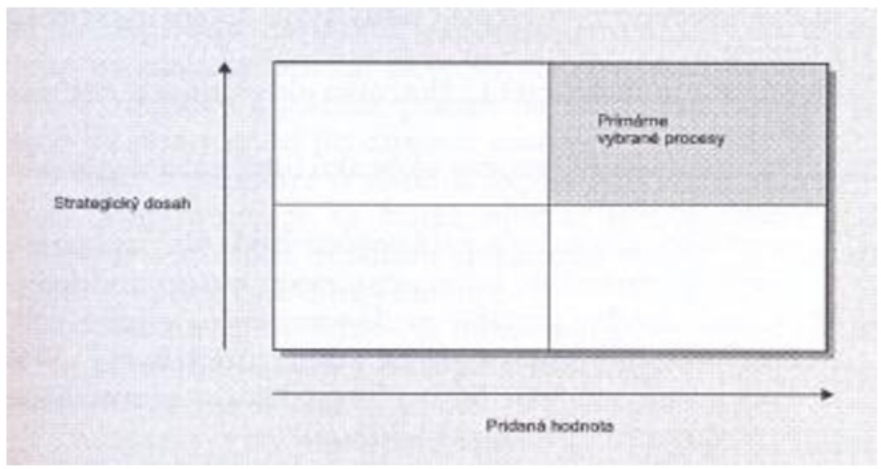
Mnoho rokov firma bola považovaná za bezpečnú, ak bola konkurencie schopná v jednej z nasledujúcich troch oblastí:

- náklady/produktivita,
- kvalita/služby,
- rýchlosť/flexibilita.

V súčasnosti rastúci dopyt po rýchlosti, flexibilite a schop-nosti reagovať vedú firmy k tomu, aby vyvíjali jednoduché pro-cesy. Také procesy sa môžu vytvárať iba tak, že priamo spájajú ľudí, ktorí môžu a musia vykonávať komplexné, multidiscip-linárne úlohy. Z týchto dôvodov chápeme podnikateľský proces ako kompaktný proces znázornený na obr.
Potom ho-voríme o Business Process Reengineeringu, tj. reinžinieringu podnikateľského procesu firmy (skrátene BPR). Tento prístup v sebe integruje orientáciu firmy na zákazníka a zvyšovanie výkonnosti všetkých podnikových procesov prebiehajúcich cez jednotlivé podnikové funkčné útvary.

Snímka 211

Matica výberu procesov pre reinžiniering



V BPR sa nesústreďujeme len na strategické procesy pridávajúce hodnotu, ale zameriavame sa aj na všetky systémy, politiky a organizačné štruktúry, ktoré pomáhajú týmto procesom:

- Systémy podporujúce aktivity procesov a to od spraco-vania informácií a manažérskych informačných systémov (MIs) na jednej strane až k sociálnym a kultúrnym aspek-tom na druhej strane;
- Postupy podporujúce proces pôsobení normálne vyjad-rené vo firemných štandardoch;
- Organizačné štruktúry podporujúce aktivity procesov, v rámci ktorých sa realizujú úlohy.

Snímka 212

Výber metodiky

Je potrebný systematický alebo jasne definovaný spôsob úspešného uskutočňovania nejakého zámeru. Metódu predstavuje systém postupov alebo činností.

- Metodika BPR obsahuje ďalšiu špecifikáciu, ktorá musí: Predovšetkým vypracovať jasný výpis spoločných cieľov a stratégií;
- Uvažovať o uspokojení zákazníka ako o hnacej sile stratégie a cieľov;
- Určiť podnikové procesy, skôr ako funkciu, a usporiadať proces a spoločné ciele;
- Identifikovať procesy pridávajúce hodnotu, súčasne s pomocnými procesmi, ktoré prispievajú k tejto hodnote;
- Vytvoriť vhodné použitie poskytovaného a využiteľného riadenia techniky a nástrojov zabezpečujúcich kvalitu BPR;
- Zabezpečiť analýzu bežnej prevádzky a identifikáciu procesov, ktoré nepridávajú hodnotu;
- Zabezpečiť vypracovanie *„prelomovej vízie",* ktorá predstavuje skôr radikálnu, než prírastkovú zmenu, podporuje a núti k zamysleniu ako dosiahnuť výsledky, tak aj túto víziu vyhodnotiť;
- Zvážiť riešenie, v ktorom samostatnosť zamestnanca a technológia, je základom implementácie zmeny;
- Zabezpečiť rozvíjanie celého stavu podniku, zabezpečiť presvedčivé informácie a argumenty k rozhodnutiu výrobcov;
- Vyvinúť účinný realizačný plán na špecifikovanie úloh, prostriedkov, a časovanie výsledkov ďalšieho schválenia.

Pre úspech je potrebné použiť „správnu" metodiku BPR. Základom dobrej metodiky je príručka nájdenia správ-nej cesty alebo orientácie, ktorá sa opiera o opis niečoho, čo budeme hľadať, kým sa dostaneme k nášmu cieľu. Metodika, ktorá vyhovuje našim potrebám by nás mala uviesť do prí-pravy kompletných a trvalých odpovedí týkajúcich sa našich problémov. Informácia, ktorá je zaujímavá sama osebe, ale nie je vhodná pre redukovanie problémov pri hľadaní rieše-nia, iba mrhá našim úsilím a má sklony narušiť analytický proces, ktorý je podstatou dobrej metodiky.
Metodika určuje nekompromisné pravidlá, ktorými sa musia ovplyvniť nepružné predpisy. Je to náročná analýza, ktorá by mala generovať nové myšlienky.
Ak metodika neu-možní podporu myslenia, potom nachádzame iba odpovede, ktoré už boli vopred predurčené autorom metodiky.
Keď uvažujeme o vhodných metodikách pre reinžinie-ring, očakávame, že sa budú opierať o samostatnosť ľudí a zároveň používať technologické informácie. To by malo umožniť rozvoj radikálnej zmeny.
Metodika BPR nemá byť náhradou za kreatívnosť Určite to nie je metodika, ktorá poskytne nástroj pre analýzu mysle-ného procesu skôr ako by ju uskutočnil analytik.
Správne vytvorená metodika BPR spája nesúvisiace firemné problémy, nový vývoj produktu, prínos podniku alebo celkové marketingové stratégie. BPR sa zaoberá samot-ným firemným procesom. Keď proces prešiel reinžinieringom korektne, musia sa dosiahnuť optimálne výsledky.
Okrem tvorby mapovania a príručky BPR by najvhodnej-šia metodika mala mať špecifické charakteristiky, ktoré sú dôležité pre BPR a ktoré poskytnú účinný a pohotový nástroj realizácie.

Snímka 213

Metodika reinžinieringu

Rýchly reinžiniering má päť etáp

- *Etapa 1 - Príprava*
- *Etapa 2 - Identifikácia*
- *Etapa 3 - Vízia*
- *Etapa 4 -Riešenie*
- *Etapa 5 - Transformácia*

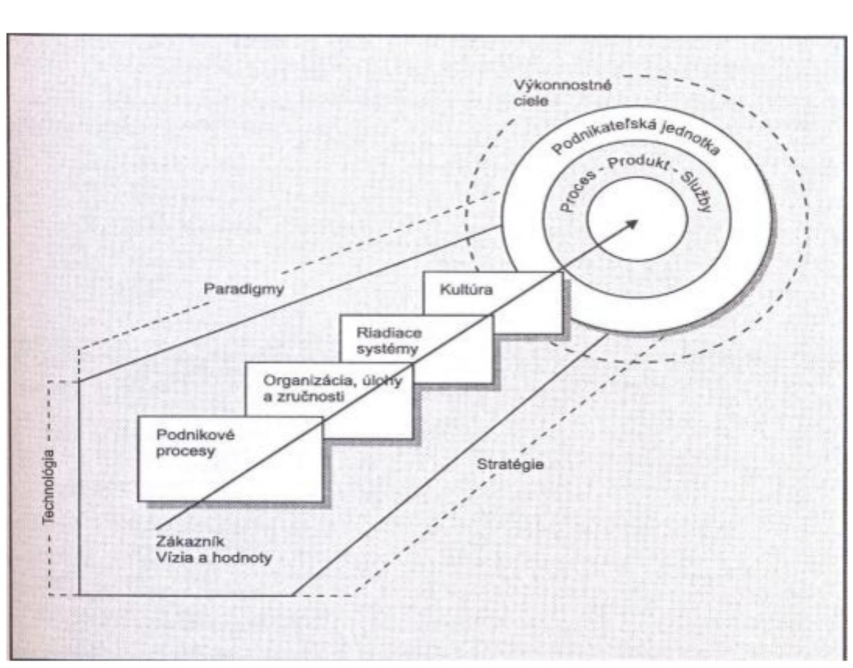
Rýchly reinžiniering má päť etáp, ktoré umožňujú firme pohotovo dosiahnuť okamžité, podstatné výsledky tvorbou radikálnych zmien procesov pridávajúcich hodnotu. V metodike je zahrnutý súbor integrovaných manažérskych techník, ktoré sa používajú pre vývoj a analýzu informácií potrebných k iden-tifikácii možností. „Reinžinier" vyčleňuje firemné procesy. Meto-dika bola naprojektovaná k používaniu reinžinieringovým tímom v organizácii firmy, bez silnej závislosti od vonkajších expertov.
Každá z piatich etáp adresuje logickú časť reinžinierin-gového procesu a výrobné výsledky, ktoré sa používajú v na-sledujúcich etapách:
Etapa 1 - Príprava: Vhodne začaté vypracovanie výkon-ných konsenzov pokrokových podnikových cieľov a zámerov, ktoré predstavujú dôvod pre existenciu tohto reinžinieringového projektu. Príprava tiež samozrejme pevne stanoví základné spo-jenie medzi prelomovými firemnými cieľmi a uskutočnením reinžinieringového procesu a definuje parametre projektu týkaj-úce sa rozvrhu, nákladov, rizika a organizačnej zmeny. Príprava etapy tiež zhromažďuje a usmerňuje, reinžinieringový tím a pro-dukuje východiskovú zmenu plánu manažmentu.
Etapa 2 - Identifikácia: Zdokonaľuje zákaznícky-oriento-vaný model podniku; identifikuje strategické procesy pridávajú-ce hodnotu; mapuje firmu, prostriedky, množstvo špecifických procesov ako najvyššie dosiahnuté reinžinieringové úlohy.
Etapa 3 - Vízia: Predstavuje hľadanie prelomových mož-ností v procesoch, analýze a ich usporiadania ako „vízií" radi-kálnej zmeny.
Etapa 4 -Riešenie: Je aktuálne rozdelené do dvoch takmer paralelných subetáp: jedna k príprave technického redizajnu potrebuje implementovať vízie, a ďalšia „sociálny" redizajn, kto-rý organizuje a usporadúva ľudské zdroje, ktoré sa stanú perso-nálnym reinžinieringovým procesom.
Etapa 5 - Transformácia: Realizuje vízie procesov (a sube-tapy pre viacročné prechody), po započatí sa riadia a produkujú úplné verzie nových procesov.

Ďalej sa poukazuje na to, ako sa používajú manažérske techniky v týchto etapách metodiky. Skôr ako sa začne prvá etapa, je dôležité rozoznávať niekoľko klasifikácií manažérskych techník:

- Formálny prípad, procedurálne techniky sú dobre defi-novaným krokom postupností, ktoré tvoria konkrétny výsledok, ako modelovanie procesu, benčmarking, a ana-lýza toku práce;
- Kombinácia niekoľkých procedurálnych techník pod jedným opisným názvom, ako „infonnačrtý inžiniering", organizačná reštrukturalizácia a projektový manažment;
- Nevýrobné techniky, ako sú motivácia alebo uľahčenie.

Snímka 214

Aspekty a dimenzie reinžinieringu podnikateľských procesov



Pre úspešné zvládnutie BPR je nevyhnutné zvážiť kľúčové aspekty znázornené na obr. 3. Prvým krokom celého úsilia je orientácia firmy na zákazníka [5]. Od poznania požiadaviek zákazníka a trendov trhu je odvodené chápanie podnikateľského procesu firmy. Požiadavky na jednotlivé funkcie produktov, na dodávateľské podmienky vlastne definujú parametre podnika-teľského procesu firmy. Inými slovami podnikateľský proces treba usporiadať tak, aby čo najlepšie dokázal tieto požiadavky liniť. Nové chápanie poslania firmy, cieľov, podnikateľského procesu definujú požiadavky na organizačné usporiadanie, úlohy jednotli-vých organizačných zložiek a zručnosti manažérov.
BPR kladie zásadne nové požiadavky na manažérsky systém firmy a jej kultúru.

Všetky tieto aspekty sa modifikujú v rámci, ktorý je daný rozvojom technológií (hlavne informačných), korporačnej identi-ty (vzory, pravidlá, hodnoty, priority, vzťah k inováciám) a firem-nej stratégie (poslanie, systém cieľov, obchodná a marketingová stratégia, kľúčové faktory úspechu, konkurenčná výhoda). Všetko snaženie v rámci BPR smeruje k dosiahnutiu zásadne nových parametrov výkonnosti v rámci vybranej podnikateľskej jednotky prostredníctvom procesov, produktov a služieb

Snímka 215

Kľúčové faktory úspechu reinžinieringu

Skúsenosti z aplikácie BPR ukazujú na možnosť zovšeobecnenia kľúčových faktorov, ktorých rešpektovanie vedie k úspechu. Aby sa vytvorila a udržala zmena musia existovať nasledujúce predpoklady:

- Predstava;
- Zručnosti;
- Motivácie;
- Zdroje;
- Plán opatrení.

Predstava - vízia a stratégia firmy je potrebná preto, aby všetko smerovalo k rovnakému cieľu. Predstava je obraz toho čo je žiaduce vo vzťahu k ľuďom, produktom/službám, procesom, možnostiam, kultúre a spotrebiteľom. Každý vo firme musí byť schopný si predstaviť a pochopiť, čo sa vyžaduje, tak aby všetky významné rozhodnutia a akcie priblížili firmu o kúsok bližšie k tejto predstave. Bez predstavy sa bude firma správať neurčito a nezacielene;

Zručnosti - vysoká kvalifikačná úroveň manažmentu, schopnosť permanentného vzdelávania sú potrebné, aby ľudia boli schopní vykonávať nevyhnutné úlohy v nových procesoch. Týmito zručnosťami môžu byť zručnosti technické, vodcovské alebo med-ziľudské. Bez takýchto zručností budú jednotlivci znepokojení a nebudú schopní podávať výkony na požadovanej úrovni;

Motivácia - je vo všeobecnosti posledným elementom, ktorý sa mení. Bez motivácie sa ľudia nebudú meniť, alebo budú robiť iba postupné zmeny. Motivácia zahŕňa rozpoznávanie a oceňovanie ako aj individuálne chápanie *„Čo* mám *preto* urobiť *ja".* Keď sa zmení motivácia, ľudia si nájdu spôsob ako pracovať efektívne, aby sa vynaložené úsilie vrátilo a aby pritom firma dosiahla želanú zmenu;

Zdroje - môžeme sem zahrnúť ľudí, financie, informácie, nové možnosti a akékoľvek nástroje potrebné na dosiahnutie zmeny. Bez zdrojov by ľudia poverení mandátom na realizáciu zmeny boli sklamaní a očakávania, ktoré má zmena pre firmu priniesť, sa budú zdať celkom nerealistické.

Plán opatrení - opatrenia, zodpovednosť a termíny plne-nia sú základom taktického plánu pre dosiahnutie zmeny. Bolo by nesprávne začínať bez plánu opatrení, pretože ľudia nebudú vedieť čo majú robiť v nasledujúcom kroku, alebo nepochopia, ako odlišné opatrenia môžu viesť k rovnakému cieľu.