

Soudobé progresivní přístupy k řešení inženýrských problémů, a to komplexní modelování, integrující z hlediska efektivnosti řešeného problému intuici, heuristiku, výpočtové, experimentální a znalostní modelování, dále pak různé formy počítačových podpor inženýrství, vycházejí ze zásad systémového přístupu a využívají systémovou analýzu a syntézu. Rozsáhlé rešerše ukázaly, že i když má experiment v uvedených aktivitách i v samotném systémovém poznávání významné místo, především jako zdroj informací pro řešení problémů i jako verifikační prostředek získaného řešení, není mu z hlediska systémového přístupu věnována pozornost. Existuje tedy paradoxní situace, že experiment není vyšetřován systémově, ačkoliv je součástí přístupů a metod vybudovaných na principech systémového poznávání. Tato situace vedla autora k rozpracování uváděné interpretace systémového přístupu k technickému experimentu (dále též TE).

Systémový přístup (SP) je takovým způsobem myšlení, jednání, přístupů, řešení problémů a pod., při němž jsou objekty a jevy na nich probíhající vyšetřovány strukturovaně (jako soubor prvků, vztahů a vazeb mezi nimi), hierarchicky (je tvořena úrovněová struktura prvků), komplexně (ve vnitřních a vnějších souvislostech), účelově (posuzování podstatného a nepodstatného na efektivní rozlišovací úrovni z určitého problémového hlediska), orientovaně (sledují se relace: vstup-výstup, příčina-následek, ...) a v čase jako dynamické soustavy, přičemž se prioritně sleduje cílové chování objektu při zajišťování úrovněové vyváženosti (jednání a činnosti jsou cílevědomě orientovány tak, aby úrovně jednotlivých částí řešení se přibližovaly efektivní úrovni) a respektování nenahraditelnosti lidského činitele v nestandardních situacích.

Aplikace SP na TE může přispět: - k přechodu od intuitivního k uvědomělému, popsatelnému, případně formalizovanému přístupu k jednotlivým činnostem v rámci návrhu a k vlastní realizaci TE, - vytvoření struktury TE jako technické soustavy s dynamickými vlastnostmi a určitým cílovým chováním, - k objasnění a vymezení úloh TE v nadřazených strukturách, zejména v modelování, - k řešení úrovněové vyváženosti vnitřní (mezi prvky TE) a vnější (mezi TE a nadřazenými strukturami), - k vytvoření hierarchie TE ve vědecko-technické oblasti, atd. Detailně se problematikou SP k TE budou zabývat příspěvky ve Strojírénství. Zde je uvedeno pouze stručné vymezení TE jako technické soustavy.

Technický experiment je soustavou cílevědomých a cílevědomě řízených činností a prostředků k jejich realizaci, které provádí tým pracovníků, s cílem získat objektivizované údaje o reálném objektu, na základě přímého a zprostředkovaného pozorování a měření na něm, jako podklad pro řešení inženýrského problému na tomto nebo jiném objektu.

Vytvořit soustavu "technický experiment" (dále STE), zna-

mená na určité rozlišovací úrovni vytvořit její strukturu, tj. určit prvky soustavy, vazby a interakce mezi nimi a dále vymezit cílové chování soustavy s ohledem na požadavky jí nadřazené struktury. Struktura STE, vycházející ze situace, že na experimentálním objektu  $\Omega_E$ , chápaném ve smyslu technické soustavy  $\mathcal{P}(\Omega_E)$ , se má řešit inženýrský problém  $P_E: \mathcal{P}(\Omega_E)$ , zadaný nadřazenou strukturou, je znázorněna na obr. 1. Symboly u jednotlivých prvků mají tento význam:  $HuW_i$  (humanware) jsou činnosti člověka spojené s využitím přístrojového vybavení  $HW_i$  a programového vybavení  $SW_i$ , vycházejícího z příslušné teorie  $\mathcal{C}_i$ .

Pro STE jsou charakteristické tyto vazby: - přímé vazby mezi prvky 1 až 8, - přímé paralelní vazby mezi prvky 3 a 6 a mezi prvky 4 a 7 (ve vzájemné návaznosti jsou řízeny a vyhodnocovány veličiny typu "podnět" a typu "projev" experimentálního objektu), - zpětná vazba mezi prvky 7 a 3 při zpětnovazebně řízených experimentech, - vzájemná vazba mezi prvky 2 a 7, protože plánování měření a jeho zpracování se musí provádět ve vzájemné součinnosti.

Pro zvýšení úrovně TE je vhodné soustavu STE dekomponovat v horizontálním směru na tyto dílní soustavy: - činnosti experimentálního týmu  $HuW_E$ , - experimentální řetězec  $HW_E$ , - programové vybavení  $SW_E$ , - teorii experimentu  $\mathcal{T}_E$ . Teorie  $\mathcal{T}_E$  je soustavou tvořenou těmito dílčími teoriemi: teorií problému  $\mathcal{T}_{PR}(\Omega)$ , teorií plánování měření  $\mathcal{T}_P$ , teorií řízení měření  $\mathcal{T}_R$ , teorií aktivace experimentálního objektu  $\mathcal{T}_A$ , teorií měřících metod  $\mathcal{T}_{mm}$ , teorií měření  $\mathcal{T}_m$  a teorií zpracování výsledků měření  $\mathcal{T}_V$ . Pro zvýšení úrovně jednotlivých dílčích činností v rámci procesu experimentu je vhodná dekompozice STE ve vertikálním směru na dílní subsoustavy, z nichž každá obsahuje jako prvky příslušný  $HuW_i$ ,  $HW_i$ ,  $SW_i$ ,  $\mathcal{C}_i$ .

Jednou z nejdůležitějších kategorií teorie systémů je tzv. cílové chování soustavy  $Q^*$ , zaručující určitý efekt chování  $\mathcal{E}_Q$ , který je požadován okolím soustavy. Efekt chování je obecně vyjádřen množinou hodnot parametrů efektu chování  $P_E$ . Výběr těchto parametrů souvisí s oborovým začleněním soustavy a s typem problému, který se v rámci této soustavy řeší. U soustavy STE parametry efektu chování mohou být tvořeny:

- množinou experimentálních veličin (výstupů experimentu)  $V_E$ ,
- informačním obsahem  $I_E$  souboru experimentálních veličin,
- množinou chybových funkcí  $\chi_E$ , charakterizující kvalitu  $V_E$ ,
- hodnotovou veličinou  $H_E$ , charakterizující celkové náklady na získání, zpracování a uchování experimentálních veličin,
- časovou veličinou  $T_E$ , charakterizující časovou náročnost.

Parametry  $V_E, I_E, \chi_E$  lze označit jako problémové, parametry  $H_E, T_E \dots$  jako hodnotové. Efekt chování soustavy TE lze zapsat jako množinu

$$\mathcal{E}_{QE} = \{V_E, I_E, \chi_E, H_E, T_E, \dots\}.$$

Nechť z okolí soustavy TE je zadána množina experimentálních veličin  $V_E$  a hodnoty parametrů  $I_E^*$ ,  $\chi_E^*$ ,  $H_E^*$ ,  $T_E^*$ , které by měly být dosaženy cílovým chováním TE. Vzhledem k reálným podmínkám realizace TE může být dosaženo pouze určité reálné chování TE, charakterizované určením množiny veličin  $V_E^r$  a hodnotami parametrů  $\chi_E^r$ ,  $H_E^r$ ,  $T_E^r$ ,  $I_E^r$ . Rozdíly mezi parametry reálného a cílového chování  $\mathcal{D}_E = P_E^r - P_E^*$  lze označit jako odchylky parametrů efektu chování. Jestliže hodnoty pa-

parametrů  $I_E^*$  lze považovat za hodnoty minimální a hodnoty  $X_E^*$  zase za hodnoty maximální, pak situace pro něž platí  $I_E^r < I_E^*$ ,  $X_E^r > X_E^*$  jsou nepřijatelné, zatímco situace  $I_E^r > I_E^*$ ,  $X_E^r > X_E^*$  jsou zbytečným přepychem.

Budeme-li chování TE posuzovat podle hodnot odchylek parametrů  $D_i$  lze zavést tyto typy jeho chování:

1. Ideální - parametry odchylek  $D_i$  jsou nulové. Tento typ chování je prakticky nerealizovatelný.
2. Normální - reálné chování TE se nepodstatně odchyluje od cílového chování, a to na stranu kvalitnějších výstupů TE, přičemž hodnoty veličin  $H_E$  a  $T_E$  jsou vzhledem k ideálnímu stavu v přijatelných tolerančních mezích.
3. Adaptabilní - reálné chování se může přiblížit chování cílovému jen při realizaci určitých opatření ve struktuře TE, a to: - buď na stejné struktuře TE změnou hodnot parametrů prvků soustavy (např. použití kvalitnějších snímačů, převodníků a pod.), - nebo změnou struktury TE, např. zařazením jiných prvků (změnou měřících metod, metod zpracování výsledků měření a pod.).
4. Mutační - existující struktura TE neumožňuje realizovat normální ani adaptabilní chování, je však možná změna struktury TE, která sice vede k jinému chování TE (mutace chování), ale umožňuje řešit nadřazený problém. Nové cílové chování je charakterizováno novým efektem chování. Jako ilustraci je možno uvést příklad z identifikace stykového tlaku mezi dvěma tělesy. Tento tlak lze identifikovat s využitím experimentálně získaných poměrných přetvoření  $\varepsilon$  nebo posuvů  $u$  v blízkém okolí stykové plochy. Pokud se ukáže, že chybové veličiny  $X_u^r$  experimentálně určených posuvů jsou větší než minimální hodnoty  $X_u^*$  zajišťující stabilitu řešení identifikačního řešení, je možno prošetřit alternativu realizace identifikace z naměřených poměrných přetvoření. Tím se změní cílové chování TE, protože cílem nebude měřit  $u$ , ale  $\varepsilon$ , k čemuž je nutné změnit strukturu TE.
5. Degenerativní - reálné chování vykazuje odchylky, které nelze odstranit přechodem na adaptabilní nebo mutační chování. Toto chování lze členit na poruchové a havarijní.
6. Katastrofální - je to případ, kdy nelze vytvořit takovou strukturu TE, která by umožnila realizovat požadované cílové chování. Příčiny vedoucí k tomuto typu chování mohou být různé - např. doposud neexistuje měřící metoda pro určení potřebné fyzikální, nebo metoda existuje, ale současná úroveň techniky neumožňuje realizovat potřebné přístrojové vybavení, vybavení existuje, ale má nevyhovující parametry, a pod.

Výběrem prvků soustavy STE bylo současně vymezeno i její okolí  $\sigma$ . Toto je vhodné dekomponovat na okolí  $\sigma_{nE}$  související s nadřazenou úrovní soustavy STE a na okolí  $\sigma_{bE}$ , které bezprostředně ovlivňuje jednotlivé prvky STE a tím i cílové chování. Okolí  $\sigma_{nE}$ , v souvislosti s potřebou řešit inženýrské problémy, je zdrojem požadavků na realizaci experimentů. K základním sférám aplikace experimentu, které pro něj vymezují specifika cílového chování, patří: - oblast řízení objektů a procesů s využitím výstupů TE, - oblast vytváření bank

experimentálně zjištěných údajů obecnějšího charakteru, - oblast tvorby technických objektů a poznávání jejich vlastností.

Prioritní postavení mezi přístupy k řešení inženýrských problémů má v současnosti modelování, jako nedílná součást počítačových podpor inženýrství. Různým úlohám a významu TE v modelování odpovídají i různé typy experimentů, lišících se různými požadavky na typy parametrů efektu chování  $P_E$  a na jejich úroveň. V klasických typech materiálního modelování, v podobnostním a analogovém modelování, má své místo podobnostní a analogový experiment. V experimentálním modelování jsou to experimenty vstupní, informační a verifikační. V modelování výpočtovém lze vymezit experimenty redukční (na základě objektivizovaných měření redukuje počet veličin a vazeb mezi nimi při vytváření systému podstatných veličin a vazeb z hlediska řešeného problému), formulační (pro vymezení úrovně pravdivosti teorie), verifikační (pro ověření pravdivosti teorie), konkretizační (získávání vstupních údajů pro řešení konkrétního problému), identifikační (zdroj vstupních údajů do identifikačního výpočtu), problémově-verifikační (ověření pravdivosti experimentálního řešení).

Detailnější rozbor systémového přístupu k technickému experimentu, včetně rozboru úloh systémové analýzy a syntézy aplikovatelných na experimentální oblast bude uveden na konferenci.

Seznam literatury: /1/ BERTALANFFY, L. - General Systems Theory. In: General Systems, vol. 1, Ann Arbor, Society for General Systems Research 1956. /2/ MESAROVIČ, M. - General Systems Theory and its Mathematical Foundations, IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetic, vol. SSC-4, 1968. /3/ HABR, J., VEPŘEK, J. - Systémová analýza a syntéza. Praha SNTL 1986. /4/ SADOVSKIJ, V. N. - Základy všeobecné teorie systémů, Bratislava, Pravda 1979. /5/ VLČEK, J. - Metody systémové inženýrství. Praha SNTL 1984. /6/ ONDRÁČEK, E., JANÍČEK, P. - Výpočtové modely v technické praxi, Praha SNTL 1990. /7/ KRAJEWSKI, R. A. - Decomposition of System "Experiment". Xth IMEKO World Congress, Praha 1985, vol. 1, s. 155 - 163. /8/ JANÍČEK, P. - Technický experiment. Skriptum VUT Brno, 1989. /9/ JANÍČEK, P. - Systémový přístup k technickému experimentu - I. Struktura technického experimentu. Strojírnoství. /10/ JANÍČEK, P. - Systémový přístup k technickému experimentu - II. cílové chování. Strojírnoství, bude publikováno. /11/ JANÍČEK, P. - Úlohy systémové analýzy na technickém experimentu. Strojírnoství, bude publikováno. /12/ JANÍČEK, P. - Soudobý přístup k návrhu technického experimentu. Strojírnoství, bude publikováno.