

Obsah

	strana
1. Co je to Mathcad	1
2. Novinky v Mathcadu 7	2
3. Co byste měli vědět, než začnete	4
3.1 Práce s příručkou	4
3.2 Než napíšete první vztahy	5
4. Jednoduché výpočty	7
4.1 Mathcad jako lepší kalkulačka	7
4.2 Výpočty s proměnnými	9
4.2.1 <i>Název proměnné</i>	9
4.2.2 <i>Použití základních typů rovnic</i>	10
4.2.3 <i>Řetězcové proměnné</i>	12
4.3 Opravy vztahů	13
5. Práce s jednotkami	14
5.1 Rozměrová kontrola	14
5.2 Použití vestavěných a uživatelských jednotek	15
6. Texty	16
6.1 Vkládání textů	16
6.2 Úpravy textů	16
6.3 Vkládání matematických vztahů do textů	17
7. Úprava dokumentu	18
7.1 Výběr částí dokumentu	18
7.2 Úpravy vybraných částí	19
7.3 Vzhled stránky	20
7.4 Šablony	20
7.5 Uzamčení dokumentu	21
7.6 Vytvoření vazeb s jinými dokumenty	22
7.6.1 <i>Hyperlink</i>	22
7.6.2 <i>Odkaz (Reference)</i>	23
7.6.3 <i>Vkládání a propojování objektů (OLE)</i>	23

8.	Posloupnosti, vektory, matice	24
8.1	Definice proměnné s určitým rozsahem hodnot	24
8.2	Vektory	25
8.2.1	<i>Indexované proměnné</i>	25
8.2.2	<i>Změna indexu prvního prvku pole</i>	26
8.2.3	<i>Zadávání vektorů</i>	26
8.2.4	<i>Matematické operace s vektory</i>	28
8.2.5	<i>Operace s jednotlivými prvky</i>	29
8.2.6	<i>Aplikace funkcí</i>	32
8.3	Matice	33
8.3.1	<i>Zadávání matic</i>	33
8.3.2	<i>Operace s maticemi</i>	34
8.4	Vnořená pole	36
9.	Zpracování dat	37
9.1	Komponenty	37
9.2	Práce s komponentami	38
9.2.1	<i>File Read or Write</i>	38
9.2.2	<i>Input Table, Output Table</i>	39
9.2.3	<i>Komponenty pro výměnu dat mezi aplikacemi</i>	39
10.	Grafy	41
10.1	Rovinný graf x-y	41
10.1.1	<i>Vytvoření grafu</i>	41
10.1.2	<i>Grafy funkcí</i>	43
10.1.3	<i>Úprava grafu</i>	45
10.2	Polární graf	46
10.3	Graf vektorového pole	47
10.4	Prostorové grafy	48
10.5	Animace	51

11.	Řešení rovnic	52
11.1	Jedna rovnice pro jednu neznámou	52
11.1.1	<i>Funkce root</i>	52
11.1.2	<i>Chybové hlášení „nekonverguje“</i>	53
11.1.3	<i>Funkce polyroots</i>	54
11.2	Soustavy rovnic	54
11.2.1	<i>Pravidla při vytváření soustav</i>	54
11.2.2	<i>Řešení soustav lineárních rovnic</i>	55
11.2.3	<i>Soustavy nelineárních rovnic</i>	56
11.2.4	<i>Význam funkce Minerr</i>	58
11.2.5	<i>Proměnné ve formě polí</i>	59
11.2.6	<i>Chybové hlášení Can't find a solution ...</i>	60
12.	Symbolické procesy	61
12.1	Odlišnost symbolických procesů od numerických výpočtů	61
12.2	Příklady použití položek menu Symbolics	62
12.3	Zvláštní funkce	69
12.4	Živá symbolika	70
12.4.1	<i>Význam živé symboliky</i>	70
12.4.2	<i>Vyřešit symbolicky</i>	70
12.4.3	<i>Další symbolické operace</i>	72
12.4.4	<i>Vícenásobné symbolické úpravy</i>	74
12.4.5	<i>Ignorování předchozí definice</i>	74
12.4.6	<i>Optimalizace vztahů</i>	75
13.	Programování	76
13.1	Vytvoření programu	76
13.2	Cykly	77
13.2.1	<i>Cyklus for</i>	77
13.2.2	<i>Cyklus while</i>	78
13.3	Rozhodovací stromy	78
13.4	Rekurze	79

13.5	Ovládání průběhu programu	79
13.5.1	<i>Break</i>	79
13.5.2	<i>Continue</i>	80
13.5.3	<i>Return</i>	81
13.5.4	<i>Příkaz on error a funkce error</i>	81
13.6	Symbolické řešení programů	82
14.	MathConnex	83
14.1	Popis okna	83
14.2	Vytváření projektů	83
14.3	Konkrétní příklad	85
15.	Elektronické příručky	88
15.1	Práce s příručkami	88
15.2	Seznam dalších existujících příruček	90
15.3	Příručka Mathcad 7 Treasury	91
16.	Několik drobných rad	92
17.	Nejčastější chyby	94
18.	Příklady k procvičení	96
18.1	Proudění kapaliny v potrubí	96
18.2	Vynucené tlumené kmitání	97
18.3	Vzpěr	99
Seznamy	103
	Položky menu	103
	Přehled tlačítek a klávesových zkratk	109
	Položky menu a tlačítka MathConnexu	115
	Vestavěné funkce	119
	Vývoj verzí Mathcadu	135
Rejstřík	137

1. Co je to Mathcad

Mathcad je náš nejoblíbenější program. Myslíme, že jeho autoři odvedli vynikající práci, když za jednoduché a příjemné prostředí ukryli neuvěřitelné bohatství postupů a lidských znalostí. Mathcad je mocným nástrojem pro studenty, učitele, konstruktéry a vůbec pro všechny, kdo v životě potřebují více než kupecké počty.

S Mathcadem provádíme složité technické výpočty, které lze doplnit vestavěnými jednotkami, pracujeme s datovými soubory, využíváme statistické funkce, přehledně programujeme rozsáhlé projekty. Matematické výrazy na obrazovce vypadají stejně jako na tabuli nebo v poznámkovém sešitě. Můžeme je řešit nejen numericky, ale i symbolicky.

Do výpočtů se snadno umisťují texty. Výsledky je možno zobrazit ve formě grafů. Při vytváření dokumentů lze pracovat se šablonami. Máte-li přístup na Internet, můžete přímo z Mathcadu využívat různé služby WWW serveru firmy MathSoft, např. zapojit se do komunikace mezi uživateli.

K instalaci Mathcadu 7 potřebujete počítač alespoň 486 (66 MHz a více) s 16 MB RAM, asi 55 MB na disku, CD-ROM, Windows 95 nebo Windows NT 3.51 a vyšší. Uživatelé s Windows 3.x nebo systémem Macintosh mohou používat i nadále podporovanou verzi Mathcad 6 a Mathcad 6 PLUS.¹

Firma MathSoft opravuje průběžně všechny případné chyby, které se v programu vyskytnou, a dodává opravy k doinstalování (tzv. Patch).

¹ Viz příručka Šleger, V. - Vrecion, P.: Mathcad 6.0. Haar International s.r.o., Praha, 1996, 112 s.

2. Novinky v Mathcadu 7

Tato kapitola je určena spíše pokročilejším uživatelům a začátečníci by ji měli raději přeskočit.

Cílem změn bylo uspokojit požadavky uživatelů, ale též napodobit co nejvíce prostředí programů Microsoft Office. Uvedeme pouze některé podstatnější změny. Mnohé z nich jsou vysvětleny podrobněji v následujících kapitolách. Další změny objevíte možná při vlastním průzkumu programu.

- Nové uspořádání tlačítek na paletách, ale i některá zcela nová tlačítka (viz přehled tlačítek na konci příručky). Po zavření si Mathcad pamatuje uživatelskou polohu palet.
- Pro nastavení dalších vlastností dokumentů je zde nová možnost použití stylů a šablon (viz kap. 7.4).
- Jiný způsob tvorby a úprav vztahů, který je podobný práci v textových editorech (viz kap. 4.1 a 4.3).
- Chceme-li nyní nechat vypsát hodnotu proměnné, která nebyla dříve definována, nahradí Mathcad automaticky rovnítko pro vypsání hodnoty rovnítkem přiřazovacím.
- Mezi číselný koeficient a proměnnou nebo mezi hodnotu veličiny a její jednotku není nutné vkládat operátor pro násobení. Můžeme psát tak, jak jsme zvyklí z poznámkových sešitů (5x, 4m).
- Objevuje se kompletní systém jednotek SI (viz kap. 5.1).
- Pro přidání resp. zrušení prázdných řádek v dokumentu můžeme nyní použít klávesy **Enter** resp. **BkSp** nebo **Del**.
- Rychlejší možnost grafického znázornění funkcí - QuickPlot (viz kap. 10.1.2).
- Možnost použití pravého tlačítka myši k vyvolání aktuálních příkazů (kontextové menu).
- Zapomeneme-li vložit textovou oblast a začneme psát doprovodné texty, rozpozná Mathcad text ihned po vložení mezery (v proměnných nepřípustné).

- Další možnosti při živých symbolických výpočtech - nová klíčová slova, jiný význam nebo zrušení některých původních klíčových slov, nový způsob jejich použití, nová paleta (viz kap. 12.4).
- Další statistické funkce, funkce přístupné pouze ve verzi 6 PLUS nyní též ve verzi Standard a Student (viz přehled vestavěných funkcí na konci příručky).
- Nově lze definovat řetězcové proměnné a ve verzi Professional můžeme využívat i nové vestavěné funkce pro práci s těmito užitečnými proměnnými (viz kap. 4.2.3).
- Nové filtry pro vstup a výstup dat, zajišťující spolupráci se soubory z Excelu, MATLABu a s ASCII soubory (viz kap. 9).
- Nová verze Mathcadu podporuje techniku OLE - vkládání a propojování objektů (viz kap. 7.6.3).
- Nová elektronická příručka (Resource Center), která obsahuje kromě dřívějších návodů k výpočtům a tabulek (nyní ještě rozšířených) i úvod do statistických úloh a možnost jejich řešení pomocí Mathcadu (viz kap. 15.1).
- Nové možnosti využití přímého připojení na Internet.
- Při programování (pouze u verze Professional) jsou k dispozici nové příkazy, můžeme využít živých symbolických výrazů a definovat vlastní chybová hlášení (viz kap. 13).
- Ve verzi Professional je zcela nový programový modul MathConnex, který umožňuje vytvářet projekty toku dat mezi aplikacemi (viz kap. 14).

3. Co byste měli vědět, než začnete

3.1 Práce s příručkou

Dodávány jsou tři verze programu. Mathcad Student, Standard a Professional. Některé popisované funkce se vyskytují pouze u verze Mathcad Professional a v textu na to vždy upozorníme.

Při psaní příručky jsme se snažili dodržet následující konvenci:

- názvy proměnných, jména funkcí a chybová hlášení (v textech) - typ písma *Italic*,
- klávesy nebo tlačítka - písmo **Bold Courier New**,
- položky menu stejně jako ostatní významná slova - **Bold**.

Hovoříme-li v příručce o klepnutí resp. tažení myši, je míněno klepnutí **levým tlačítkem myši** resp. tažení se stisknutým levým tlačítkem myši. Při použití pravého tlačítka na to vždy výslovně upozorníme.

Při psaní matematických výrazů se nepíšou mezery. Mathcad si sám správně doplní mezery tak, aby napsaný vztah hezky vypadal. Pokud je třeba stisknout mezerník, použijeme v příručce pro tuto klávesu standardní výraz **Space**.

Doporučujeme používat **přehled položek menu a tlačítek** na závěr příručky, kde jsou odkazy na kapitoly, ve kterých podrobněji vysvětlujeme určité položky nebo tlačítka.

V žádném případě si nečiníme nárok na úplnost. Pokud chcete o popisované záležitosti více informací, je třeba se obrátit na manuál nebo nápovědu (**Help**) programu.

V příručce předpokládáme, že uživatel zná základní matematické symboly, pojmy a postupy.

Poznámka: Ve výjimečných případech se může stát, že váš příklad nebude pracovat stejně jako příklad uvedený na obrázku v příručce. To může být způsobeno tím, že příklad na obrázku využívá některé definice z předchozích příkladů.

3.2 Než napíšete první vztahy

Po spuštění Mathcadu se objeví prázdná stránka, která připomíná textový editor. První zdání klame. Nejdříve si musíme uvědomit, že Mathcad **nepracuje s řádky, ale s oblastmi** (Regions), které rozmisťujeme na pracovní ploše. Obsahem oblasti může být matematický výraz, text nebo graf. Tyto oblasti se smí překrývat.

S tím souvisí poměrně častá začátečnická chyba, kdy výraz, který na pracovní ploše zdánlivě pokračuje, je ve skutečnosti složen ze dvou oblastí, které Mathcad chápe jako dva nezávislé výrazy. Kontrolujte, zda je objekt, který tvoříte nebo upravujete, vždy **celý v rámečku**. Odlišný je též **tvar kurzoru**:

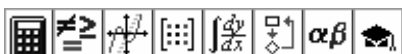
- červený **malý křížek** znamená, že hodláte umístit na pracovní plochu novou oblast,
- **jiný kurzor** (modrá skobička, červená svislá čárka) znamená, že se chystáte psát do již existujícího objektu, tj. výrazu, grafu, textu. (Celý objekt je v tom případě uzavřen do rámečku.)

Chcete-li od sebe oddělit překrývající se oblasti, použijte položku menu **Format, Separate Regions**. Jestliže vám části již vytvořených objektů kvůli předchozímu překrytí kamsi zdánlivě zmizely, nebo po vymazání zůstaly části objektů na obrazovce, můžete vše napravit stisknutím kláves **Ctrl R** (Refresh).

Oblasti můžeme mazat, přesouvat po pracovní ploše, kopírovat podle standardu Windows.¹ Najdeme zde známé položky menu **Edit - Delete, Cut, Copy a Paste** a známá tlačítka na nástrojové liště. Polohu lišt můžeme měnit tažením myši a lišty skrýt či znovu zobrazit pomocí položky menu **View - Toolbar, Format Bar a Math Palette**. Fungují i další standardní, typické funkce pro aplikace pod Windows, které v této stručné publikaci z pochopitelných důvodů opomineme. Můžete je najít v příručkách o Windows.

Odlišné jsou **sady tlačítek** (Math Palette), které se otvírají klepnutím myši a obsahují potřebné matematické nástroje (viz obr. 1).² Nejčastěji užívané sady můžeme tažením myši rozmístit na vhodná místa obrazovky. Mathcad si jejich polohu pamatuje a při příštím otevření je najdeme na stejném místě.

obr. 1




¹ Další informace viz kap. 7 - Úprava dokumentu.

² Šestá sada (nástroje potřebné k programování) se vyskytuje pouze ve verzi Mathcad Professional.

Součástí Mathcadu je **elektronická příručka** (Resource Center), kde najdete zajímavé informace, výukový program, příklady výpočtů a řadu užitečných vzorců, fyzikálních a technických konstant. Máte-li přístup na síť, můžete hledat informace na Internetu, např. na WWW serveru firmy MathSoft, kde jsou umístěny aktuální zprávy o Mathcadu (viz kap. 15.1).

4. Jednoduché výpočty

4.1 Mathcad jako lepší kalkulačka

Nejprve se budeme zabývat výrazy složenými z čísel. Při psaní čísel, základních matematických operátorů a funkcí je asi nejrychlejší používat sadu tlačítek, která je ukryta pod ikonou . Můžeme samozřejmě použít i klávesnici.

Následující příklad je vytvořen sekvencí tlačítek **1+2÷3=**. Výsledek je doplněn po stisku **=** (lze použít tlačítko v sadě, nebo příslušnou klávesu).

obr. 2

$$1 + \frac{2}{3} = 1.667$$

Po změně výrazu se výsledek **automaticky přepočítá** (při umístění kurzoru mimo oblast, nebo ihned po stisku klávesy **F9**).

Dvojitým klepnutím myši na výslednou hodnotu umožní nastavit **formát čísel**, např. zobrazovaný počet desetinných míst.¹

Všimněte si, že Mathcad pracuje s **desetinnou tečkou** a nikoliv čárkou.

Při psaní vztahů se nová verze Mathcadu chová obdobně jako textový editor. Pokud jste kurzorem ve výrazu a stisknete **mezerník**, zjistíte, že kurzor změní svoji velikost a označí tak část výrazu. Cyklicky můžeme měnit velikost kurzoru dalšími stisky mezerníku. Po přidání operátoru se kurzor (skobička) chová jako závorka.


Snadno to pochopíme na následujícím příkladu. Chceme k výrazu na obr. 2 přičíst další zlomek, například $1/3$. Umístíme svislou část kurzoru za číslo 3 (myší, nebo šipkami vlevo - vpravo), stiskneme **Space+1÷3 Enter** a dostaneme následující výsledek:

obr. 3

$$1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{3} = 2$$


¹ V položce Displayed Precision jsou standardně nastavena tři místa, což nemá vliv na skutečnou přesnost výpočtů. Avšak pokud bychom chtěli výsledky kopírovat, bere se v úvahu jen zobrazený počet desetinných míst.

Tímto způsobem můžeme dodatečně přidat operátor i před výraz, je-li kurzor umístěný vpředu. Pro úplnost si můžete také vyzkoušet, co by se stalo, kdybyste mezerník nestiskli. Chybně napsané části vztahů je samozřejmě možno opět vymazat klávesou **BkSp**.

Výpočet můžeme dále zkomplikovat například tak, že vícenásobným stiskem mezerníku uzavřeme mezi editovací čáry kurzoru celý výraz, který pak **umocníme** či **odmocníme**. Tlačítka pro mocninu a odmocninu najdete také v sadě pod ikonou .

obr. 4

$$\sqrt{1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{3}} = 1.414$$

Ve stejné sadě tlačítek je i několik základních **funkcí**. Na závěr příručky příp. v nápovědě (**Help**) pak najdeme množství dalších funkcí, které můžeme do vzorce dopsat ručně, nebo použít položku menu **Insert, Function** či tlačítko . Argumenty funkce musí být vždy v závorce. Do vzorců pište jen kulaté závorky, na hranaté se změní podle potřeby automaticky. Například:



obr. 5


$$\sin\left(\sqrt{1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{3}}\right) = 0.988$$

obr. 6

$$\sin\left[\frac{\sqrt{1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{3}}}{\left(4 \cdot \frac{\pi}{3}\right)^2}\right] = 0.081$$

Při psaní složitějších výrazů je možné nejprve umístit matematické operátory a operandy doplnit na příslušná místa později.

Pro **imaginární jednotku** v komplexních číslech můžeme použít buďto **i**, nebo **j**, obě značky lze libovolně kombinovat a od čísla je neoddělujeme žádným matematickým operátorem. Pokud chcete napsat např. $5+i$, je nutné napsat $5+1i$. Je možné též používat tlačítko  v sadě pod ikonou .

Shrňme nejčastější matematické operace, odpovídající klávesy a tlačítka ze sady .


operace	tlačítko	klávesa
sčítání	+	+
odečítání	-	-
násobení	×	*
dělení	÷	/
umocnění	x^y	^
odmocnění	$\sqrt{\quad}$	\
vypsání hodnoty	=	=

4.2 Výpočty s proměnnými

Když jsme probrali práci s číselnými výrazy, postupme dále k proměnným.

4.2.1 *Název proměnné*

Název proměnné může být tvořen libovolným počtem písmen včetně kombinací s řeckou abecedou a může obsahovat i čísla (nikoliv na začátku). Stiskneme-li při tvorbě proměnné klávesy **Ctrl Shift P**, dostaneme se do tzv. textového režimu, kurzor zčervená a můžeme používat i další klávesy (**%**, **^**, ***** apod.), které ztrácí svůj matematický význam, dokud nestiskneme opět **Ctrl Shift P**.

Nejpoužívanější **řecká písmena** jsou v sadě pod ikonou , přehled všech písmen řecké abecedy a jim odpovídajících kláves naleznete pak v položce menu **Help, Mathcad Help - Keyboard help, Greek letters**. Na řeckou obdobu se změní předchozí písmenko po stisku kláves **Ctrl G**.


Cítíte-li, že z estetického hlediska by vaše proměnná měla obsahovat **index** (např. R_{ax}), napište její název (**R**), potom stiskněte **.** (tečku) a pak písmena nebo čísla, která mají tvořit index (**ax**).

Pozor! Mathcad rozlišuje nejen **písmena malá a velká**, ale i jejich použitý **styl**.²

² Vestavěné proměnné a funkce jsou definovány pro všechny styly.

4.2.2 Použití základní typů rovniček

V počítači hodnota proměnné zaujímá paměťový prostor o velikosti minimálně 32 bit. Už vás možná napadá, že budeme potřebovat prostředky jak pro zápis do tohoto paměťového prostoru, tak pro výpis hodnoty z paměti.

- Prostředkem pro zápis je **přiřazovací rovnítko** `:=`, které dostaneme po stisku `:` (dvojtečky) na klávesnici, nebo tlačítka s tímto typem rovnítka v sadě pod ikonou .
- **Rovnítko pro výpis hodnoty** `=` jsme si již vyzkoušeli v předchozích výpočtech.

V následujícím příkladu do proměnné a **vložíme** výsledek výpočtu (viz obr. 7) a následně necháme **vypsat** hodnotu proměnné a (viz obr. 8).

obr. 7

$$a := 1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{3}$$

obr. 8



$$a = 2$$

S proměnnými, kterým jsme přiřadili hodnotu (číslem nebo výpočtem), můžeme **dále operovat**. Například:

obr. 9

$$c := a + 2 \quad c = 4 \quad d := a^2 + c + 1 \quad d = 9$$

Kdybychom použili proměnnou **dříve**, tzn. vlevo nebo nad místem, kde jí bude přiřazena určitá hodnota, zabarvila by se **neznámá proměnná červeně** a objevilo by se chybové hlášení: *This variable or function is not defined above* (tato proměnná nebo funkce není výše definována).³ Pokud bychom se zeptali na hodnotu takové proměnné, **změní se automaticky rovnítko** pro výpis hodnoty na rovnítko přiřazovací.

- Jinak je to u tzv. **globálního rovnítko**, které dostaneme stisknutím tlačítka  v sadě pod ikonou .



³ Další informace o chybě dostaneme vždy po stisku klávesy **F1** (kontextová nápověda).

Pokud použijeme při vkládání hodnoty do proměnné místo přiřazovacího rovnítka globální, **platí tato definice již od začátku dokumentu** a proměnnou můžeme používat, i kdyby byla definována až na poslední stránce.

Globální rovnítko využíváme s výhodou v případech, kdy je dokument dlouhý a při změnách výchozích hodnot se nechceme neustále přesouvat od začátku k výsledkům a zpět. Výchozí hodnoty je možno zadat pomocí globálního rovnítka na konci dokumentu poblíž výsledků.

Na obr. 10 vidíme kromě **použití globálního rovnítka** i definici proměnné *hor* pomocí jedné z mnoha funkcí Mathcadu - podmínkové funkce *if*.

Tato funkce má v závorce vždy tři argumenty oddělené vzájemně čárkou. Na prvním místě je podmínka - libovolná rovnice či nerovnice.


- V rovnici bychom použili čtvrtý typ rovnítka - **podmínkové rovnítko** (viz obr. 12), které dostaneme po stisku tlačítka  (Boolean Equals) v sadě pod ikonou . Značky nerovnosti a znaménko nerovná se najdeme tamtéž.⁴

Pokud je podmínka splněna, nabývá funkce *if* hodnoty, kterou má výraz na druhém místě, pokud není splněna, má funkce hodnotu třetího argumentu. Výrazy mohou být jakkoli složité, dokonce mohou obsahovat i další funkci *if*, a tak definici proměnné mnohonásobně větvit. Pro takové případy je však přehlednější použít programovací nástroje.

obr. 10

$$\text{hor} := \text{if} \left(\text{glob} < 5, \frac{\pi}{2}, \pi \right) \quad \int_0^{\text{hor}} \cos(x) \, dx = 1$$

$$\text{glob} \equiv 4$$

Tlačítko potřebné pro zadání určitého integrálu najdeme pod ikonou .

Hodnoty proměnných mohou být kdykoli předefinovány, a to i hodnoty dané globálním rovnítkem. Nová hodnota proměnné pak **platí pro následující vzorce**, které jsou v oblastech dále na stránce, tj. **vpravo** nebo **pod** novou definicí proměnné. Například:

obr. 11

$$a := 3 \quad a := a + 3 \quad a = 6 \quad a := 3 a + 2 \quad a = 20$$

⁴ Podmínkové rovnítko má širší uplatnění, než je zde uvedeno - viz kap. 11.2 a 12.2.

Povšimněte si, že součástí definice proměnné může být i její předchozí hodnota. Dále si můžeme všimnout, že **mezi konstantou a proměnnou nemusíme stisknout znaménko *** tak, jak jsme zvyklí z běžných zápisů.

4.2.3 Řetězcové proměnné

Do proměnné lze vložit v nové verzi Mathcadu i řetězec znaků. Můžeme použít písmena, čísla, interpunkční znaménka, mezery, ale i speciální znaky pomocí ASCII kódů. Řetězec znaků zadáváme vždy v **uvozovkách** a při vypsání hodnoty proměnné se zobrazí rovněž v uvozovkách (viz obr. 12). Mathcad Professional má k dispozici i některé funkce pro práci s řetězcovými proměnnými (viz přehled vestavěných funkcí na konci příručky).

obr. 12

```
cesta := "c:\work\Vlada\data.txt"   cesta = "c:\work\Vlada\data.txt"
číslo := "24383186"                číslo = "24383186"
```

```
x := 0      chyba := "nelze delit nulou !"
```

```
převrácená_hodnota := if(x=0, chyba, 1/x)
```


```
převrácená_hodnota = "nelze delit nulou !"
```

Pomocí vestavěné funkce *error("hlasení")* by například šlo elegantněji nadefinovat chybové hlášení v předchozím příkladu (viz kap. 13.5.4).

Řetězcové proměnné mohou být použity jako argumenty některých funkcí i jako prvky vektorů či matic.

4.3 Opravy vztahů

Na závěr několik rad, jak v nové verzi Mathcadu provádět běžné opravy již napsaných vztahů (další podrobnosti viz kap. 7):

- **Chybně napsané části vztahů** včetně operátorů, závorek i rovnítka je možno opět vymazat klávesou **BkSp** (vlevo od svislé části kurzoru) nebo **Del** (vpravo od kurzoru).
- Chcete-li rychle **změnit část vztahu**, označte tuto část tažením myši (podbarví se černě) a začněte psát správné znění vztahu.
- Chcete-li dodatečně **aplikovat funkci na výraz**, stiskněte několikrát mezerník tak, abyste kurzorem označili celý výraz, vyberte příslušnou funkci z tabulky pod ikonou  a stiskněte tlačítko **OK**.

Je zřejmé, že na základě předchozích příkladů můžete řešit velké množství matematických a technických problémů. Jak už asi tušíte, Mathcad však umí o něco více.

5. Práce s jednotkami

Všichni víme, jak snadno dojde ke zbytečné chybě. Doporučujeme proto tam, kde je to možné, používat jednotek. Mathcad bude automaticky provádět **rozměrovou kontrolu** vztahů a zároveň si ušetříme **převádění** palců na metry, koní na kilowatty, gramů na slugy atd.

Zjednodušeně řečeno: Při použití Mathcadu nemusíme umět převádět jednotky a nemusíme ani znát převodové vztahy. Do zadání uvedeme hodnoty v jakýchkoli jednotkách a výsledky dostaneme v jednotkách, které požadujeme.

Jak je vidět z obrázků, jednotky lze použít tak, že jimi vynásobíme dané číslo nebo proměnnou. V nové verzi Mathcadu není nutné mezi číslem a jednotkou uvádět žádný operátor (viz obr. 15).

5.1 Rozměrová kontrola

Program nepovolí např. sčítat metry a sekundy - nahlásí *The units in this expression do not match* (jednotky v tomto výrazu jsou nekompatibilní) a červeně vyznačí problémové veličiny. Na druhé straně povolí sčítat třeba palce s milimetry a **výsledek vypíše v základních jednotkách zvolené soustavy** (standardně je nastavena soustava SI - m, kg, s, A, K, cd, mol).¹

obr. 13

$$a := 2 \cdot m \quad b := 3 \cdot s$$

$$c := a + b$$


The units in this expression
do not match.

$$a := 15 \cdot mm \quad b := 3 \cdot in$$

$$c := a + b \quad c = 0.091 \cdot m$$

¹ Vybereme-li položku menu **Math, Options, Unit System**, můžeme zvolit soustavu MKS (m, kg, sec), CGS (cm, gm, sec) nebo U.S. (ft, lb, sec).

5.2 Použití vestavěných a uživatelských jednotek

V Mathcadu je velký počet vestavěných jednotek. Vložit jednotku z jejich seznamu můžete pomocí ikony  na nástrojové liště, příp. klávesami **Ctrl U** nebo pomocí menu **Insert, Unit**. Kurzor musí být na místě, kam chcete jednotku vkládat. Odpovídající značku jednotky (pokud ji známe) můžeme na příslušné místo vypsát i ručně pomocí klávesnice.

Jak již bylo řečeno, výsledek výpočtu se zobrazí vždy v základních jednotkách soustavy. Za tímto výsledkem se však objeví **černý čtvereček** (viz obr. 14), kde můžeme vložit nebo vypsát námi požadovanou jednotku (např. watthodiny). Výsledek se automaticky přepočítá v nové jednotce (po umístění kurzoru mimo oblast, nebo ihned po stisku klávesy **F9**).

Při změně jednotky postačí 2x klepnout myší na místo, kde má být nová jednotka umístěna. Tím otevřeme seznam jednotek stejné veličiny a vybereme jednotku novou.

obr. 14

$$a := 1 \text{ kcal} \quad \boxed{a = 4.187 \cdot 10^3 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \quad \blacksquare}$$

$$a = 1.163 \cdot \text{W} \cdot \text{hr}$$

Stejně jako běžnou proměnnou si můžeme nadefinovat i **jednotku vlastní**, která není v seznamu vestavěných jednotek. Na následujícím obrázku definujeme vlastní (uživatelskou) jednotku kN a používáme ji dále při výpočtech.

obr. 15

$$kN := 1000N \quad hm := 10\text{kg} \quad a := 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad F := hm \cdot a \quad F = 0.1 \text{ kN}$$

Povšimněte si, prosím, že místo obvyklého m pro hmotnost jsme použili hm , jelikož m je z hlediska Mathcadu proměnná s hodnotou 1 metr a není vhodné ji předefinovat.²

² Pozor též na konstanty e , g , π a jednotky s , A , C , G , H , J , K , L , N , R , S , T , V , W , Ω .

6. Texty

Mathcad není textový editor. Přesto zde můžeme snadno psát rozsáhlé poznámky k prováděným výpočtům. Text jako každý jiný objekt je umístěn v určité „oblasti“ (viz kap. 3.2) a od matematických výrazů se při standardním nastavení liší mimo jiné fontem.

6.1 Vkládání textů

Nejjednodušším způsobem můžeme textovou oblast do dokumentu vložit stiskem klávesy " nebo v položce menu **Insert** zvolíme **Text Region**. Na místě kurzoru se vytvoří oblast, která roste spolu s psaným textem. Šířku oblasti můžeme stanovit stiskem kláves **Ctrl Enter**. Na rozdíl od ostatních objektů se po stisknutí klávesy **Enter** dostaneme na další řádek stejné textové oblasti. Chceme-li oblast opustit, klepneme myší mimo ni, nebo stiskneme **Shift Enter**.

Pokud zapomeneme vložit textovou oblast a začneme psát, změní se proměnná na text ihned po stisku mezery mezi slovy, která je v názvu proměnné nepřipustná.

6.2 Úpravy textů

Některé možnosti, které máme při práci s textem, vidíme na formátovací liště. Vybereme-li tažením myši určitou část textu, můžeme změnit její styl, font, velikost, podtrhnout ji atd. (viz obr. 16). Další možnosti máme, pokud zvolíme položku menu **Format, Text** (např. umístit vybranou část jako dolní či horní index). Všechny ostatní text v celém dokumentu změním, použijeme-li položku menu **Format, Style** a modifikujeme styl, na kterém byly texty založeny. Pomocí této položky můžeme vytvářet i vlastní nové styly, které pak uložíme do šablony (viz kap. 7.4).

Mazání, přesouvání a kopírování vybraných částí textů i celých textových oblastí se provádí způsoby běžnými ve Windows. Stejně jako u matematických vztahů lze pro hledání a změnu určitého řetězce znaků použít položky menu **Edit, Find** příp. **Replace**.

6.3 Vkládání matematických vztahů do textů

V Mathcadu je možno psát i texty s vloženými „živými“ vztahy. Postup je následující:

- Klepneme myší na místo, kam chceme umístit text a vytvoříme textovou oblast např. stiskem klávesy " ,
- napíšeme text, do kterého budeme vztahy vkládat,
- umístíme kurzor do textu tam, kde má být vztah a zvolíme položku menu **Insert, Math Region**,
- vytvoříme požadovaný matematický vztah a klepneme myší mimo oblast.

Tento postup můžeme použít i v případě, jestliže chceme při psaní textů využívat symboly z palet matematických nástrojů.

Chceme-li do textu umístit již existující vztah, můžeme ho na potřebné místo vložit přímo z clipboardu pomocí příkazu **Paste**, aniž bychom použili položku menu **Insert, Math Region**.

Označený matematický vztah je možné z textu odstranit použitím položky menu **Edit, Delete**.

Na obrázku vidíte ukázkou textů s různým formátem a v závěrečné větě použití vložených vztahů.

obr. 16

Výpočet průměru a obvodu kruhu dané plochy

$$S := 20 \cdot \text{cm}^2 \quad \text{plocha kruhu}$$

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad o := \pi \cdot d \quad \text{vztahy pro průměr a obvod}$$

Hledaný průměr $d = 50.463 \cdot \text{mm}$ a obvod kruhu $o = 158.533 \cdot \text{mm}$

7. Úprava dokumentu

7.1 Výběr částí dokumentu

Rozlišujeme dva základní způsoby označení částí dokumentu:

- Pokud se nacházíme kurzorem ve výrazu, označíme několikanásobným **stiskem mezeríku** jeho část nebo celý objekt pomocí editovacího kurzoru (skobičky). Vyzkoušejte si též funkci klávesy **Insert**.
- **Tažením myši** se stisknutým levým tlačítkem přes objekty označíme část příp. celý objekt černě (pokud se kurzor na začátku nacházel v tomto objektu), nebo označíme více objektů pomocí čárkovaných rámečků (pokud byl kurzor mimo objekty).

Poznámka: Použijeme-li tento poslední způsob na osamělý objekt, provede se jeho označení editovacím kurzorem, což bývá někdy rychlejší než několikanásobné stisknutí mezeríku.

Více objektů můžeme označit i jinými způsoby:

- Klepneme myší na dva různé objekty v dokumentu se stisknutou klávesou **Shift**. Uzavřeme tak do rámečků i všechny objekty, které se nacházejí mezi nimi.
- Postupným klepnutím myší na objekty se stisknutou klávesou **Ctrl** je možno vybrat více objektů, které spolu nesousedí.
- Všechny objekty můžeme označit, použijeme-li položku menu **Edit, Select All**.

7.2 Úpravy vybraných částí



Pokud klepneme myší do objektu, vykreslí se kolem něj rámeček. Potom můžeme:

- **Přesunout** objekt na jiné místo tažením myší za okraj (myší kurzor má tvar ručičky),
- **měnit velikost** grafů a textových oblastí tažením za úchytky na rámečku (myší kurzor má tvar dvojité šipky),
- **měnit některé vlastnosti** objektu. Zvolíme-li položku menu **Format, Properties**, je možno oblast barevně zvýraznit (Highlight Region), u matematických vztahů můžeme např. nechat provést symbolickou optimalizaci před numerickým výpočtem (Enable Optimization) - viz kap. 12.4.6, nebo vztah dočasně ignorovat (Disable Evaluation). V textové oblasti lze měnit styl písma, u grafů zvolit výřez nebo zjišťovat souřadnice bodů - viz kap. 10.1.3.

Všechny způsoby označení (viz kap. 7.1) **umožňují** přesun a kopírování výběru standardními způsoby: Pomocí položek menu **Edit, Cut** příp. **Copy** a **Paste**, pomocí odpovídajících ikon na nástrojové liště a v nové verzi Mathcadu je pro tento účel k dispozici i **pravé tlačítko** myši. K vymazání výběru můžeme použít položku menu **Edit, Delete**.

Editovací kurzor umožňuje navíc tažením myší přesunout označené části objektů se stisknutou klávesou **Shift** a kopírovat s klávesou **Ctrl**. Výrazně tak urychlíme psaní matematických vztahů. (Může se stát, že v některé starší neopravené verzi Mathcadu nebude fungovat.) Jak je popsáno v kapitole 4.1 a 4.3, používáme editovací kurzor i pro přidání matematického operátoru za nebo před označenou část výrazu a pro opravy vztahů (např. dodatečnou aplikaci funkce). Využijeme ho také při symbolických výpočtech (viz kap. 12.2).

Černě označené části objektů umožňují rychlé opravy. Jak je zvykem ve Windows, stačí začít psát správný výraz či text.

Čárkované rámečky umožňují navíc přesun objektů nejjednodušším způsobem - myší kurzor umístíme do jednoho z rámečků (změní se na ručičku) a tažením myší přemístíme rámečky na novou pozici. Zarámované objekty je možno zarovnat pomocí ikon  a  na nástrojové liště. Obsah rámečků můžeme vymazat klávesou **Delete**.

7.3 Vzhled stránky

Při úpravě dokumentu potřebujeme často kvůli přehlednosti **přidat** resp. **zrušit volný řádek**. Toho dosáhneme pomocí kláves **Enter** resp. **BkSp** nebo **Del**.

Okraje, velikost a orientaci papíru nastavíme před tiskem dokumentu pomocí položky menu **File, Page Setup**. Většina prací v Mathcadu bývá uspořádána tak, že vlevo (obvykle na viditelné části obrazovky) jsou umístěny nejdůležitější objekty - nadpis, dané hodnoty, vysvětlující texty, grafy, výsledné hodnoty. Vpravo (zpravidla mimo obrazovku) pak jsou uvedeny vlastní výpočtové vztahy, často velice komplikované, avšak v případě potřeby si je můžeme snadno prohlédnout i poopravit.¹

S uvedeným uspořádáním souvisí zvláštní význam pravého okraje dokumentů. Proto si v položce menu **File, Page Setup** můžeme vybrat, jestli chceme tisknout pouze objekty vlevo od nastaveného pravého okraje (Print single page width), nebo tisknout celou šířku stránky až k čárkovanému okraji danému velikostí a orientací papíru.² Vzhled hlavičky a paty stránky můžeme upravit pomocí položky menu **Format, Headers/Footers**.

7.4 Šablony

Vytvořenou hlavičku, zvolené okraje, vlastní styly nadefinované pomocí položky menu **Format, Style** příp. **Equation**, hodnoty vestavěných proměnných, číselný formát výsledků, zvolenou soustavu jednotek, nastavení barev, texty, vztahy a grafy, které chceme mít i v jiných dokumentech, můžeme uložit jako šablonu. Zvolíme položku menu **File, Save As**, vybereme umístění souboru (adresář Template), typ souboru (Mathcad Template) a zvolíme název šablony.

Chceme-li potom otevřít nový dokument založený na této šabloně, zvolíme položku menu **File, New** a vybereme ze seznamu šablon. Stejně jako jiné soubory můžeme otevřít i vytvořené šablony a provést případné změny. Šablony v Mathcadu mají příponu **.mct**.

¹ To je podle nás jedna z hlavních předností výpočtů vytvořených v Mathcadu oproti výpočtům vytvořeným náročnějším a pro uživatele neprůhledným programováním.

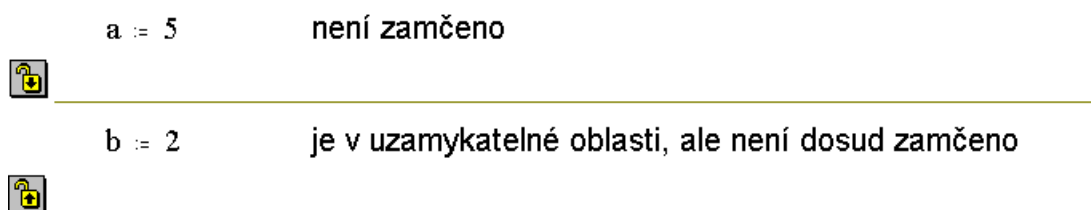
² Pokud však některé části vztahů přesáhnou i čárkovaný okraj, budou vytištěny samostatně na závěr dokumentu.

7.5 Uzamčení dokumentu

Určené řádky dokumentu lze uzamknout, a tak je chránit před změnami jiných autorů. Postup je následující:

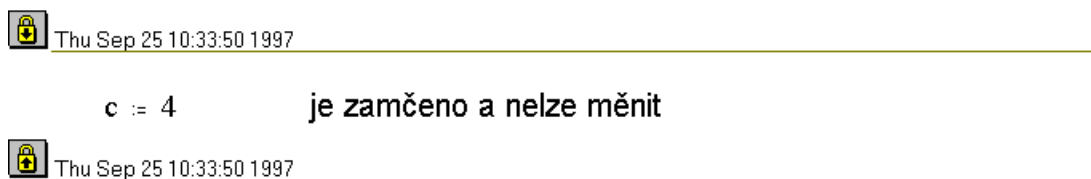
- Umístíme kurzor na volné místo a zvolíme položku menu **Format, Lock Regions, Set Lock Area**,
- na obrazovce se objeví horní a dolní hranice (viz šipka na zámečku) uzamykatelné oblasti, kterou můžeme na potřebné místo přesunout jako ostatní objekty v Mathcadu (viz obr. 17),
- přemístíme kurzor do oblasti, kterou chceme uzamknout,
- zvolíme položku menu **Format, Lock Regions, Lock Area** a v případě potřeby vybereme heslo (password). Pozor! Rozlišujte malá a velká písmena.

obr. 17



Uzamčenou oblast vidíme na obr. 18. Nyní zde nemůžeme provádět žádné změny, pouze kopírovat vztahy z této oblasti ven.

obr. 18



Oblast, ve které se nachází kurzor, lze opět odemknout pomocí příkazu menu **Format, Lock Regions, Unlock Area** a vypsáním příp. hesla.

Uzamknout před změnami lze i jeden samotný vztah pomocí položky menu **Format, Properties**. (Může se stát, že v některé starší neopravené verzi Mathcadu nebude fungovat.)

7.6 Vytvoření vazeb s jinými dokumenty

7.6.1 *Hyperlink*

S jakýmkoliv objektem ve vytvářeném dokumentu, nejlépe s určitým slovem v textu, lze svázat jiný, již dříve vytvořený a uložený dokument. Pokud potom dvakrát klepneme myší na tento objekt, svázaný dokument se otevře. Vazbu vytváříme následujícím způsobem:

- Označíme objekt, se kterým bude druhý dokument svázán, např. dvakrát klepneme myší na určité slovo v textu (nejlépe v textu bez vložených matematických vztahů),
- zvolíme položku menu **Insert, Hyperlink, New** a otevře se okno, kde zadáme adresu dokumentu (path nebo URL), který má být svázán s vybraným objektem našeho dokumentu,
- můžeme vyplnit hlášení, které se má objevit na stavovém řádku, když podržíme myš nad vybraným objektem (Message that appears on the status line when mouse is over link),
- stiskneme tlačítko **OK**.

Vybrané slovo se zobrazí tučně a podtrženě.³ Svázaný dokument bychom už neměli nikam přesouvat, aby zadaná adresa stále odpovídala. Pokud teď umístíme myší kurzor nad objekt, objeví se na řádku zpráv dole na stránce zvolené hlášení. Když dvakrát klepneme myší na označené slovo, svázaný dokument se opět otevře. Tuto vazbu s vybraným objektem lze upravit pomocí položky menu **Insert, Hyperlink, Edit** a zrušit pomocí položky menu **Insert, Hyperlink, Erase**.

³ U jiného objektu (matematický vztah, graf) bychom bohužel změnu ve vzhledu nezaznamenali, a navíc by se změnila původní funkce dvojího klepnutí na objekt (např. u grafů formátování).

7.6.2 *Odkaz (Reference)*

Do vytvářeného dokumentu můžeme vložit odkaz na jiný dokument pomocí položky menu **Insert, Reference**. Tak lze využít všechny definice proměnných a výpočtové vztahy, které jsou uvedeny v tomto vloženém dokumentu, aniž bychom museli druhý dokument otvírat, vztahy kopírovat atd.

Dokument se zobrazí ve formě ikony s uvedenou adresou. Definice z vloženého dokumentu je možné využívat vpravo či pod touto ikonou. S ikonou můžeme zacházet stejně jako s jinými objekty. Pokud na ni dvakrát klepneme myší, dokument se otevře a můžeme provést případné změny.

7.6.3 *Vkládání a propojování objektů (OLE)*

Do dokumentu můžeme vložit objekty z aplikací, které podporují techniku OLE. Provést to můžeme buď pomocí položky menu **Insert, Object** nebo **Edit, Copy** (v původní zdrojové aplikaci) a **Edit, Paste Special** (v Mathcadu). Obdobně lze vložit objekt z Mathcadu do jiných aplikací.

Objekt vložený tímto způsobem do vytvářeného dokumentu je možné editovat v původním programu. Postačí na něj dvakrát klepnout myší (Object Embedded).



Pokud vkládáme již uložený soubor (Create from File) a zaškrtneme položku Link, vytvoří se navíc propojení s původním programem a veškeré změny, které tam provedeme, se projeví i na vloženém objektu (Object Linked). Změny v propojení je možno provádět pomocí položky menu **Edit, Links**.

8. Posloupnosti, vektory a matice

Posloupnosti, vektory a matice jsou užitečné matematické nástroje. V Mathcadu je často používáme například k rychlému zápisu velkého počtu vztahů s proměnnými parametry, ke zpracování naměřených hodnot, k výpočtům lineárních soustav rovnic a zejména pro vykreslování grafů.

Při práci s vektory a maticemi je dobré umět zadat proměnnou s určitým rozsahem hodnot (Range Variable).

8.1 Definice proměnné s určitým rozsahem hodnot

Pomocí sekvence kláves $i : 0 ; 5$ přiřadíme proměnné i posloupnost celých čísel od 0 do 5 a použijeme ji později při vytváření vektorů. Místo klávesy $;$ můžeme použít tlačítko  ze sady nástrojů pod ikonou . O hodnotě proměnné i se pak přesvědčíme sekvencí $i =$. Obdobně to provedeme i s proměnnou j . Výsledek akce vidíme na obr. 19.

obr. 19

$i := 0..5$	$i =$	$j := 1..4$	$j =$
	0		1
	1		2
	2		3
	3		4
	4		
	5		

S těmito posloupnostmi teď můžeme dále pracovat. Nejčastěji je asi použijete jako indexy vektorů.¹ Vyskytne-li se proměnná s určitým rozsahem hodnot v matematickém výrazu, Mathcad vyřeší výraz pro každou hodnotu posloupnosti.



- Když zadáváme proměnnou, jejíž hodnoty tvoří **celá čísla s krokem jedna**, píšeme pouze první a poslední člen posloupnosti (viz obr. 19).

¹ V dalších příkladech kapitoly 8 budeme proměnné i a j definované na obr. 19 využívat a nebudeme je pokaždé znovu definovat!

- Pokud bychom potřebovali proměnnou, kde mezi hodnotami **není krok jedna** (např. u grafů), uvádí se za prvním členem ještě druhý člen posloupnosti (nikoliv krok), oddělený čárkou (viz obr. 45).
- Pokud mají hodnoty jednotku, nemusíme ji psát jako v předchozí verzi Mathcadu za každé číslo (viz obr. 47).

8.2 Vektory

8.2.1 Indexované proměnné

Indexované proměnné tvoříme pomocí klávesy \lceil , nebo tlačítkem  pod ikonou .

Častou chybou je záměna indexu daného tímto způsobem a indexu vytvořeného pomocí tečky (viz kap. 4.2.1). Index vytvořený pomocí tečky je spíše estetickou záležitostí při volbě názvu proměnné a Mathcad ho za index nepovažuje:

obr. 20

$$\begin{array}{llll}
 F_1 := 100 \cdot N & F = \begin{pmatrix} 0 \\ 100 \end{pmatrix} N & F_1 = 100 N & \text{indexovaná proměnná} \\
 F_1 := 200 \cdot N & F = \begin{pmatrix} 0 \\ 100 \end{pmatrix} N & F_1 = 200 N & \text{kosmetický index}
 \end{array}$$

Proměnnou vytvořenou sekvencí kláves **F.1** bere Mathcad jako skalární proměnnou s názvem „F tečka 1“, naproti tomu proměnnou danou sekvencí **F[1** (na obrazovce vypadá téměř shodně) chápe jako **druhý** prvek vektoru F . **První** prvek má totiž standardně index nula (viz kap. 8.2.2).

Pokud předchozím prvkům vektoru nepřičítáme žádné hodnoty, mají standardně hodnotu nula (viz obr. 20).

8.2.2 *Změna indexu prvního prvku pole*

Jestliže chcete, aby první řádek i sloupec vektorů a matic měl index 1, zaveďte proměnnou s názvem *ORIGIN* a přiřaďte jí hodnotu 1. Obecně můžete zvolit jakékoliv celé číslo (tedy i záporné). Standardně má tato proměnná hodnotu 0. Změnu standardní hodnoty je možno provést, pokud zvolíte položku menu **Math, Options** a vyberete **Built-in Variables**.

Postup při změně indexu prvního prvku pole je vidět na obr. 33 nebo na obr. 36.

8.2.3 *Zadávání vektorů*

- Vektor může být vytvořen **výpočtem**.

Na obr. 21 vidíte definici vektoru s názvem *sinus*, kde jednotlivé prvky vektoru (s indexem 0 až 5) jsou hodnoty vypočtené z funkce, do které vstupuje také posloupnost čísel *i* definovaná na obr. 19.

obr. 21


$$\text{sinus}_i := \sin\left(\frac{i}{5} \cdot \pi\right) \quad \text{sinus} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.588 \\ 0.951 \\ 0.951 \\ 0.588 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Pro názornost uvedeme další příklad, ve kterém nejprve nadefinujeme vektor *moc* a potom sekvencí kláves `mocsin[i:moc[iSpace*sinus[i` vytvoříme nový vektor s názvem *mocsin* jako součin prvků dvou vektorů (*moc* a *sinus*) se stejným indexem *i*:

obr. 22

$$\text{moc}_i := i^2 \quad \text{moc} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 4 \\ 9 \\ 16 \\ 25 \end{bmatrix} \quad \text{mocsin}_i := \text{moc}_i \cdot \sinus_i \quad \text{mocsin} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.588 \\ 3.804 \\ 8.56 \\ 9.405 \\ 3.062 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

Na tomto příkladu vidíte důsledek **zaokrouhlovací chyby** u posledního prvku (s indexem 5) vektoru *mocsin*, kde místo nuly dostáváme číslo nule se blížící.² Jak již bylo uvedeno (kap. 4.1), dvojitým klepnutím myši na výsledná čísla umožní nastavit jejich formát. Zde si můžete vyzkoušet položku Zero Tolerance, která se nastavuje globálně pro celý dokument. Standardně má hodnotu 15, tzn., že čísla menší než $1 \cdot 10^{-15}$ se již zobrazují jako nuly.

- Vektory nemusíme samozřejmě tvořit vždy výpočtem, ale můžeme je **přímo vypisovat** pomocí tlačítka pro zakládání matic  (viz kap. 8.3.1) jako matice s jedním sloupcem.
- Vektory lze zadávat např. sekvencí kláves **$x[i:2,5,8,1,3,4]$** pomocí **tabulky**. Opět zde využijeme definici proměnné *i* z obr. 19:

obr. 23

	vektor	tabulka hodnot										
$x_i :=$		$x_j =$										
<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>8</td></tr> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>4</td></tr> </table>	2	5	8	1	3	4	$x = \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ 8 \\ 1 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>8</td></tr> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>3</td></tr> </table>	5	8	1	3
2												
5												
8												
1												
3												
4												
5												
8												
1												
3												

Na obr. 23 jsme nechali nejprve pomocí sekvence kláves **$x =$** zobrazit celý zadaný vektor *x* a potom pomocí kláves **$x [j =$** pouze hodnoty prvků vektoru *x* s indexy *j* (viz obr. 19) ve formě **tabulky**.

² Chyba je způsobena tím, že při numerických výpočtech (na rozdíl od symbolických - viz kap. 12.1) bere Mathcad předvolenou hodnotu π s přesností na „pouhých“ 15 desetinných míst.

Rozlišujeme tato dvě **zobrazení vektorů**. V prvním případě se vektor, pokud má více než jedenáct prvků, zobrazí ve formě okna s posuvníkem.³ Okno můžeme zmenšovat či zvětšovat tažením za úchytky. Druhý způsob zobrazení užíváme, pokud chceme zobrazit pouze vybrané prvky vektoru a tento počet je omezen na 50 prvků. Při zobrazení vektorů musí mít všechny prvky stejnou jednotku.

- Vektor může být obdobně jako matice vytvořen **importováním dat** pomocí nástrojů uvedených v kapitole 9.
- Vektor můžeme také zadat **přečtením hodnot z datového souboru** pomocí funkce `READPRN("cesta")` - viz přehled vestavěných funkcí na konci příručky.

8.2.4 *Matematické operace s vektory*

S vektory můžeme velice jednoduše provádět všechny běžné matematické operace.

- **Násobení a dělení** výše nadefinovaného vektoru *moc* (viz obr. 22) libovolnou **konstantou**. Při dělení nulou nahlásí Mathcad: *Found a singularity while evaluating this expression. You may be dividing by zero.*

obr. 24

$$s := \frac{\text{moc}}{2} \quad s = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 2 \\ 4.5 \\ 8 \\ 12.5 \end{bmatrix}$$



- Také **sčítání** (resp. **odečítání**) a **skalární součin** dvou **vektorů** lze provést jednoduše - stejně jako u skalárů:⁴

³ Pokud není v položce menu **Format, Number** zaškrtnuto **Display as Matrix**. Pokud je tato položka zaškrtnuta, zobrazuje se vektor celý až do 200 řádků.



⁴ Samozřejmě je nutno dodržet stejný počet prvků u obou vektorů, jinak Mathcad nahlásí: *The number of rows and/or columns in these arrays do not match.*

obr. 25

$$t := \text{moc} + \text{sinus} \quad t = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.588 \\ 4.951 \\ 9.951 \\ 16.588 \\ 25 \end{bmatrix} \quad u := \text{moc} \cdot \text{sinus} \quad u = 22.356$$

- **Vektorový součin** třírozměrných vektorů bychom pak provedli pomocí tlačítka  v sadě pod ikonou .



8.2.5 Operace s jednotlivými prvky

- Nejprve si můžeme vyzkoušet funkci tlačítka  pod ikonou , s jehož pomocí sečteme všechny prvky vektoru:

obr. 26

$$v := \sum \text{mocsin} \quad v = 22.356$$

Poznámka: Správnost výpočtu si ověříte, srovnáte-li tento součet prvků vektoru *mocsin* (vektor součinů odpovídajících prvků vektorů *moc* a *sinus* - obr. 22) se skalárním součinem vektorů *moc* a *sinus* (viz obr. 25). Výsledek musí být stejný.

- Pomocí tlačítka  pod ikonou  můžeme sčítat pouze některé prvky:

obr. 27

$$\sum_{k=3}^4 \text{mocsin}_k = 17.964$$



Na obr. 26 je součet všech prvků vektoru *mocsin*, na obr. 27 jen součet 4. a 5. prvku (prvků s indexem $k = 3$ a 4). Změna indexu prvního prvku viz kap. 8.2.2.



V příkladech na obr. 26 až obr. 34 zacházíme s vektory spíše jako s **množinami prvků**. Operace, které s nimi provádíme, vektorová matematika nezná.

- Můžeme například **přičíst** (resp. **odečíst**) ke každému prvku libovolnou **konstantu**:

obr. 28

$$w := \text{moc} - 2 \quad w = \begin{pmatrix} -2 \\ -1 \\ 2 \\ 7 \\ 14 \\ 23 \end{pmatrix}$$

Pokud chceme s vektory provádět další operace, které vektorová matematika nedovoluje, musíme použít tlačítko  (Vectorize) ze sady pod ikonou . Toto tlačítko nám umožní provádět různé operace (mocniny, aplikace funkcí) s **každým prvkem zvlášť**. Pokud bychom ho nepoužili, nahlásí Mathcad chybu: *Can't perform this operation on the entire array at once. Try using "vectorize" to perform it element by element.*

- Na obr. 29 vytvoříme pomocí sekvence **S : 2/w Space**  vektor S , kde **dělíme konstantu** (dvojku) postupně **všemi prvky vektoru** w a
- sekvencí **T : moc^2 Space**  vytvoříme vektor T , kde **umocníme každý prvek vektoru** moc na druhou.


obr. 29

$$S := \frac{2}{w} \quad S = \begin{pmatrix} -1 \\ -2 \\ 1 \\ 0.286 \\ 0.143 \\ 0.087 \end{pmatrix} \quad T := \text{moc}^2 \quad T = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 16 \\ 81 \\ 256 \\ 625 \end{pmatrix}$$

- Obdobně dostaneme vektor U , kde **konstantu** (dvojku) **umocníme** postupně **všemi prvky vektoru** moc - viz obr. 30.
- Na obr. 30 vidíme, že je možné dokonce vytvořit vektor V , kde postupně **umocníme první prvek** vektoru S prvním **prvkem** vektoru moc , druhý prvek druhým atd.

obr. 30

$$U := 2^{\overrightarrow{\text{moc}}} \quad U = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 16 \\ 512 \\ 6.554 \times 10^4 \\ 3.355 \times 10^7 \end{pmatrix} \quad V := S^{\overrightarrow{\text{moc}}} \quad V = \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 1 \\ 1.269 \times 10^{-5} \\ 3.009 \times 10^{-14} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Už vás možná napadlo, že použitím tlačítka  můžeme nyní vyřešit elegantněji úlohu na obr. 22 - vytvoření vektoru *mocsin*:

obr. 31

$$\text{mocsin} := (\overrightarrow{\text{moc} \cdot \text{sinus}}) \quad \text{mocsin} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.588 \\ 3.804 \\ 8.56 \\ 9.405 \\ 3.062 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

Rozdílnost obou postupů vidíme názorně na obr. 32. Výsledky jsou stejné, ať je tvar vektoru *sinus* jakýkoliv:

obr. 32

$$\begin{aligned} \text{jednodussi} &:= \overrightarrow{\text{sinus}}^2 & i &:= 0.. \text{last}(\text{sinus}) \\ & & \text{slozitejsi}_i &:= (\text{sinus}_i)^2 \\ \text{jednodussi} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0.345 \\ 0.905 \\ 0.905 \\ 0.345 \\ 0 \end{bmatrix} & \text{slozitejsi} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0.345 \\ 0.905 \\ 0.905 \\ 0.345 \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Obecně platí, že bychom měli používat spíše první způsob (na obr. 32 vlevo), protože je výrazně rychlejší.

8.2.6 Aplikace funkcí

Na předchozím obrázku je vidět použití jedné z mnoha funkcí, které u vektorů známe: $last(a)$ má hodnotu indexu posledního prvku vektoru a .

Další desítky vektorových a maticových funkcí, které Mathcad zná, např. $rows(a)$ - počet řádků vektoru a , $cols(a)$ - počet sloupců, $max(a)$ - největší prvek atd., najdete na konci příručky nebo v **nápovědě**. Můžete si vyzkoušet:


obr. 33

ORIGIN:= 1

$last(moc) = 6$ $rows(moc) = 6$ $cols(moc) = 1$ $max(moc) = 25$

ORIGIN:= 0

$last(moc) = 5$ $rows(moc) = 6$ $cols(moc) = 1$ $max(moc) = 25$

Chceme-li aplikovat **na všechny prvky postupně** nějakou funkci, použijeme opět tlačítko . Jinak se objeví chybové hlášení: *You are trying to use an array or range as a scalar. Press F1 for help.*

Například k prvkům našeho vektoru $sinus$ přičteme 1 a výsledek zlogaritmujeme:



obr. 34

$$\ln(sinus + 1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.462 \\ 0.668 \\ 0.668 \\ 0.462 \\ 0 \end{bmatrix}$$


8.3 Matice

8.3.1 *Zadávání matic*

Prvky matice mohou být obdobně jako u vektorů (viz kap. 8.2.3) definovány:

- výpočtem,
- vypsáním pomocí tlačítka  v sadě pod ikonou ,
- importováním dat - viz kap. 9,
- přečtením hodnot z datového souboru pomocí funkce *READPRN* ("*cesta*") - blíže viz přehled vestavěných funkcí na konci příručky.

Při **zobrazování matic** platí obdobná pravidla jako u vektorů (viz kap. 8.2.3).

Na obr. 35 je nejprve matice definovaná výpočtem (*vypočtena*) a potom matice vytvořená pomocí tlačítka  (*vypsana*).

Po klepnutí myší na toto tlačítko se objeví okno, kde zvolíte požadovaný počet řádků (rows) a počet sloupců (columns) budoucí matice a stisknete tlačítko **Create**. Obdobně lze přidávat (**Insert**) a mazat (**Delete**) řádky a sloupce matic již vytvořených. Chcete-li **přidávat řádky či sloupce dopředu** (před první řádku či sloupec), označíte předem celou matici editovacím kurzorem (klávesa **Space**). Pokud je označený pouze některý prvek, přidávají se řádky a sloupce za něj a mažou se řádky či sloupce označené a následující.

Tímto způsobem můžeme nadefinovat matice s maximálně 100 prvky.⁵ Ostatními způsoby lze vytvořit matice, které prý mohou mít řádově milion prvků (max. 8 milionů).

⁵ Tento problém je možné řešit pomocí funkcí *augment* nebo *stack* (viz přehled vestavěných funkcí na konci příručky).

obr. 35

$$i := 0..2 \quad j := 0..4$$

$$\text{vypoctena}_{i,j} := \sin\left(\frac{i}{2} \cdot \pi\right) + \cos\left(\frac{j}{4} \cdot \pi\right)$$

$$\text{vypoctena} = \begin{bmatrix} 1 & 0.707 & 0 & -0.707 & -1 \\ 2 & 1.707 & 1 & 0.293 & 0 \\ 1 & 0.707 & 0 & -0.707 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\text{vypsana} := \begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.6 & 0.9 & 1.1 \\ 1.3 & 1.5 & 1.3 & 0.7 & 0.3 \\ 0.1 & 0.2 & 1 & 2.3 & 1.4 \end{bmatrix}$$

Všimněte si, že **indexy** označující jednotlivé prvky matice jsou od sebe odděleny čárkou. První index označuje vždy řádek a druhý sloupec. Hodnota proměnné *ORIGIN* určuje hodnotu indexu prvního řádku a sloupce matice (viz kap. 8.2.2).


obr. 36



$$\text{ORIGIN} := 1 \quad \text{vypsana}_{2,1} = 1.3 \quad \text{ORIGIN} := 0 \quad \text{vypsana}_{2,1} = 0.2$$

8.3.2 Operace s maticemi

Tytéž operace, které jsme prováděli s vektory, můžeme provést i s maticemi.

Stejným způsobem můžeme provádět všechny dovolené matematické operace - násobení konstantou, sčítání a odečítání matic stejného typu, násobení dvou matic, z nichž první má stejný počet sloupců jako druhá řádků. Čtvercové matice můžeme navíc umocňovat celým číslem, přičemž umocněním na -1 získáme **matici inverzní**.⁶

Stejně jako u vektorů můžeme při použití tlačítka  provádět i další operace (mocniny, aplikace funkcí) s každým prvkem matice zvlášť.

V sadách nástrojů pod ikonami  a  najdeme ještě několik dalších tlačítek užitečných při práci s vektory a maticemi:

⁶ Při umocnění na kladný exponent n násobíme mezi sebou n původních matic, při záporném exponentu násobíme matice inverzní.

Například tlačítko \sum_n , pomocí kterého můžeme **sčítat prvky** polí - sloupce či řádky matice, příp. všechny prvky matice dohromady. Na obr. 37 vidíme i možnost **použití podmínky ve výpočtech**. Podmínka vždy nabývá hodnoty 1, pokud je splněna, nebo hodnoty 0, když není splněna (viz kap. 16). Sčítáme tedy jen prvky v prvních čtyřech sloupcích matice *vypsana*, v pátém sloupci nabývá podmínka nulové hodnoty ($j = 4$):

obr. 37

$$\sum_i \text{vypsana}_{i,j} \cdot (j < 4) \quad \sum_j \text{vypsana}_{i,j} \quad \sum_i \sum_j \text{vypsana}_{i,j} = 13.3$$

1.5
2.2
2.9
3.9
0

3.2
5.1
5

Tlačítko $M^{<n>}$ nám pomůže rychle **vytvořit vektor z vybraného sloupce matice**. Na obr. 38 jsme vybrali 3. sloupec (s indexem 2) matice *vypsana*.

obr. 38

$$\text{vypsana}^{\langle 2 \rangle} = \begin{pmatrix} 0.6 \\ 1.3 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Tlačítko $|x|$, s jehož pomocí počítáme nejen absolutní hodnotu čísel, ale i **velikost vektorů a determinanty**:

obr. 39


$$\det := \begin{pmatrix} 5 & 4 & 2 \\ 2 & 1 & 4 \\ 3 & 6 & 3 \end{pmatrix} \quad |\det| = -63$$

Pomocí tlačítka M^T je možno tvořit **transponované matice**.

8.4 Vnořená pole

(Pouze u verze Mathcad Professional)

Prvkem vektoru nebo matice nemusí být skalár. **Prvky polí mohou být tvořeny dalšími vektory či maticemi.** Tímto způsobem vzniknou mnohorozměrná pole. Takové objekty slouží především k přehlednému uchování dat. Samozřejmě, že s nimi můžeme provádět pouze některé operace. Můžeme je srovnávat pomocí podmínkového rovnítka, transponovat, vytvořit vektor z vybraného sloupce matice, vypsat hodnotu prvku.

Na obr. 40 vidíme jednu z možných definic matice s vnořenými maticemi (matice d a matice A). Do prvku matice nemůžeme vložit další matici pomocí tlačítka . Necháme-li mnohorozměrné pole zobrazit, nedostaneme hodnoty proměnných, ale rozsah (počet řádků a sloupců) jednotlivých prvků matice ve složených závorkách. Pokud neztratíte přehled v různých úrovních indexů, lze tímto způsobem i provádět rozsáhlé výpočty.

obr. 40

$$\begin{aligned}
 a &:= \begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 3 & 8 \end{bmatrix} & b &:= \begin{bmatrix} 5 & 2 \\ 7 & 6 \end{bmatrix} & c &:= \begin{bmatrix} 9 & 1 \\ 3 & 4 \end{bmatrix} \\
 d &:= \begin{bmatrix} a & 9 \\ 0 & 8 \end{bmatrix} & d &= \begin{bmatrix} \{2,2\} & 9 \\ 0 & 8 \end{bmatrix} & d_{0,0} &= \begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 3 & 8 \end{bmatrix} \\
 A &:= \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix} & A &= \begin{bmatrix} \{2,2\} & \{2,2\} \\ \{2,2\} & \{2,2\} \end{bmatrix} & A_{1,1} &= \begin{bmatrix} \{2,2\} & 9 \\ 0 & 8 \end{bmatrix} & (A_{1,1})_{0,0} &= \begin{bmatrix} 2 & 5 \\ 3 & 8 \end{bmatrix} \\
 & & & & & [(A_{1,1})_{0,0}]_{0,1} &= 5 \\
 i &:= 0..1 & j &:= 0..1 & k &:= 0..1 & l &:= 0..1 \\
 S_{i,1} &:= \sum_j \sum_k (A_{i,j})_{k,1} + (A_{k,1})_{i,j} & S &= \begin{bmatrix} 19 & 27 \\ \{2,2\} & 33 \end{bmatrix} & S_{1,0} &= \begin{bmatrix} 20 & 23 \\ 21 & 26 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

9. Zpracování dat

9.1 Komponenty

Komponenty jsou zvláštní objekty používané pro práci s daty v Mathcadu. Pro **import a export dat** z (do) datových souborů různých formátů se užívají:

- File Read or Write,
- Input Table a Output Table.


Výměnu dat s jinými aplikacemi zajišťují komponenty:

- Axum (předpokládá instalaci Axumu 5.0 z 18. 5. 1997 nebo vyšší verze),
u verze Mathcad Professional též
- Excel (předpokládá instalaci Excelu pro Windows 95 nebo vyšší verze),
- MATLAB (předpokládá instalaci MATLABu Professional verze 4.2c) a
- Scriptable Object umožňující napsání vlastní uživatelské komponenty speciálním jazykem (např. Microsoft VBScript nebo JScript).

Pro zachování kompatibility s předchozími verzemi Mathcadu je možné při práci s daty také použít dřívější funkce *READPRN*, *WRITEPRN* atd. (viz přehled vestavěných funkcí na konci příručky).


9.2 Práce s komponentami

Různé komponenty se ovládají odlišným způsobem. Obecně platí:

- Požadovanou komponentu vložíme na volné místo pomocí položky menu **Insert, Component** nebo použijeme ikonu  (Component Wizard).
- Na vyznačená místa vyplníme názvy výstupních a vstupních proměnných.
- Další potřebné vlastnosti komponenty zvolíme tak, že na ni klepneme pravým tlačítkem myši a vybereme položku menu **Properties**.

9.2.1 *File Read or Write*

Umožní vazbu mezi zvoleným datovým souborem a dokumentem v Mathcadu. Spojení se stále aktualizuje.

Po klepnutí na ikonu  zvolíme komponentu a objeví se průvodce, kde postupně vybereme, zda chceme soubor číst (Read from a data source) nebo zapisovat (Write to a data source), formát souboru (např. Text Files s příponou **.prn**, **.txt**, **.dat**, **.csv** nebo Excel **.xls** atd.) a zadáme jméno datového souboru (Enter the name of the file or data source which will be associated with this component).

Pomocí položky menu **Properties** na pravém tlačítku myši můžeme např. zvolit, které řádky a sloupce dat chceme propojit.

Výsledek akce vidíme na obr. 41. Vlevo **načítáme** data ze souboru Pokus1 do proměnné M1, vpravo **zapisujeme** hodnoty proměnné M2 do datového souboru Pokus2.

Pokud by v proměnné M2 byly výsledky nějakého výpočtu, přesunuly by se do datového souboru Pokus2 s **maximální** (výpočtovou) **přesností**, bez ohledu na zobrazený počet desetinných míst.

obr. 41

$$M1 := \begin{bmatrix} 57 & 48 & 52 \\ 58 & 15 & 28 \\ 11 & 98 & 44 \end{bmatrix}$$

$$M2 = \begin{bmatrix} 45 & 78 \\ 82 & 35 \\ 12 & 94 \\ 47 & 61 \end{bmatrix}$$

9.2.2 *Input Table, Output Table*

Pomocí těchto komponent můžeme opět číst nebo zapisovat datový soubor, ale je možné též jednoduše vkládat data ručně. Spojení se souborem se aktualizuje pouze v případě, že provedeme nový import či export dat.

Na obr. 42 vidíme vloženou komponentu Input Table:

obr. 42

$$:= \begin{bmatrix} 0.00 \end{bmatrix}$$

Klepeme-li pravým tlačítkem myši na tuto komponentu a zvolíme položku menu **Import**, můžeme vložit data z vybraného souboru. Klepneme-li dvakrát levým tlačítkem myši, můžeme začít vkládat nebo upravovat data ručně. Do vynechaných buněk doplní Mathcad nuly.

Obdobně funguje komponenta Output Table.

9.2.3 *Komponenty pro výměnu dat mezi aplikacemi*

Tyto komponenty zvolíme v případě, že chceme dynamicky přesouvat data z Mathcadu do jiné aplikace (Axum, Excel, MATLAB), tam je zpracovávat prostředky druhé aplikace aniž bychom Mathcad opouštěli a zpracovaná data vracet zpět do Mathcadu. Nejlépe vše pochopíme z příkladu na obr. 43, kde jsme vložili do Mathcadu komponentu Excel.

V průběhu vkládání komponenty jsme pomocí průvodce zadali počet vstupních proměnných (v našem případě 3), adresu první buňky, od které se mají vkládat (A1,

B1 a A5), počet výstupních proměnných (2) a adresy buněk, ve kterých je najdeme (C1:C3 a C4:C5). Tyto definice můžeme později změnit pomocí pravého tlačítka myši. Dvojitým klepnutím do komponenty způsobí výměnu listů a položek menu a umožní práci s daty v prostředí Excelu. Klepnutím mimo tabulku se vrátíme k původním položkám menu a ikonám Mathcadu.


obr. 43

$$\text{vstup1} := \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ 8 \\ 4 \end{pmatrix} \quad \text{vstup2} := \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 6 \\ 9 \end{pmatrix} \quad \text{vstup3} := (0 \ 7)$$

$$\begin{pmatrix} \text{výstup1} \\ \text{výstup2} \end{pmatrix} := \begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 1 & 3 \\ \hline 5 & 3 & 8 \\ \hline 8 & 6 & 14 \\ \hline 4 & 9 & 13 \\ \hline 0 & 7 & 7 \\ \hline \end{array}$$

Do třetího sloupce jsme vložili součet prvních dvou

$$\text{výstup1} = \begin{pmatrix} 3 \\ 8 \\ 14 \end{pmatrix} \quad \text{výstup2} = \begin{pmatrix} 13 \\ 7 \end{pmatrix}$$

Další podrobnosti o komponentách a příklady jejich použití najdete, pokud zvolíte položku menu **Help, Resource Center** nebo ikonu , vyberete QuickSheets a tam Components in Mathcad.

Rozsáhlé projekty toku dat je možné ve verzi Mathcad Professional vytvářet pomocí programového modulu MathConnex (viz kap. 14).

10. Grafy



S problematikou posloupností, vektorů a matic, které byla věnována kapitola 8, i se zpracováním dat, o kterém jsme hovořili v předchozí kapitole, úzce souvisí grafy. Grafické zobrazení je vhodným doplňkem výpočtů a může sloužit i k přehlednému znázornění velkého množství dat. Průzkum možností, které Mathcad v této oblasti poskytuje, necháváme z větší části na vás. V této kapitole uvádíme pouze základní přehled.

10.1 Rovinný graf x-y


Nejčastěji patrně použijete rovinný graf x-y (X-Y Plot). Proto mu zde věnujeme nejvíce místa. U ostatních druhů grafů jsou mnohé postupy obdobné.

10.1.1 Vytvoření grafu

Mathcad pracuje s body o **souřadnicích x-y**, které můžeme číselně zadat (viz obr. 44) nebo je počítat z nadefinované funkce $y=f(x)$ (viz obr. 45). Tyto hodnoty se znázorní podle zvoleného typu grafu. Např. požadujeme-li sloupcový graf, vykreslí v bodech x sloupečky o výšce y , chceme-li čárový graf, spojí jednoduše body o souřadnicích x-y úsečkami.¹

Graf dostaneme na místě kurzoru (levý horní okraj), pokud klepneme myší na tlačítko  v sadě pod ikonou . Objeví se obrys grafu, kde je třeba vyplnit názvy polí čísel, která mají být na ose x a na ose y .² Rozsahy jednotlivých os zadávat nemusíme, Mathcad zvolí ty „nejlepší“. Chcete-li v jednom grafu znázornit na jedné ose **více polí**, je třeba jejich názvy **oddělit čárkou**.

Pole souřadnic bodů můžeme zadávat různě:

- vypsat jako vektor (většinou v případě nepravidelného kroku mezi čísly - viz obr. 44),
- zadat jako posloupnost čísel pomocí tlačítka  (v případě pravidelného kroku - viz pole souřadnic x na obr. 45),
- vypočítat jako funkční hodnoty v daných bodech - viz pole souřadnic y na obr. 45,

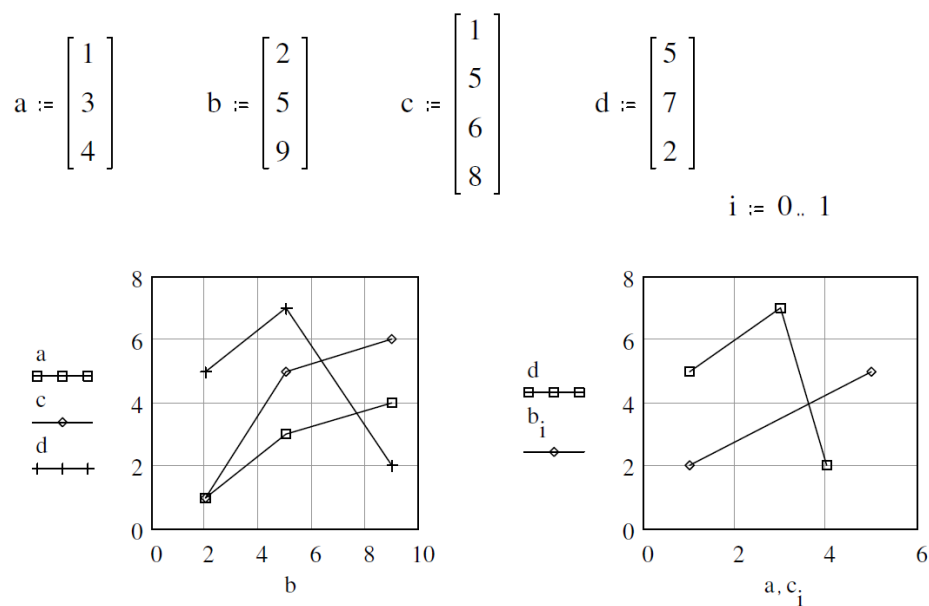
¹ U komplexních čísel se znázorní pouze jejich reálná část.

² Ještě jednodušší je to u tzv. rychlých grafů (QuickPlots) - viz kap. 10.1.2.

- vypočítat jako posloupnost čísel ve formě vektoru - viz obr. 48.

Jak grafy fungují, je nejlépe vidět z uvedeného příkladu. Na obr. 44 jsou vykresleny čárové grafy, kde souřadnice jsou přímo dány zvolenými vektory a , b , c , d . Pokud chceme znázornit **všechny prvky**, postačí na příslušné osy uvést pouze názvy vektorů (viz obr. 44 vlevo).³ Chceme-li vykreslit jen **některé prvky**, uvedeme jejich indexy (viz obr. 44 vpravo - index i).

obr. 44




³ Pokud mají vektory na vodorovné a svislé ose různý počet prvků (např. vektory b a c), odpovídá počet znázorněných bodů počtu prvků kratšího vektoru (b).

10.1.2 Grafy funkcí

Nejprve funkce nadefinujeme. Všimněte si, prosím, jakým způsobem můžete v Mathcadu **definovat vlastní funkce**, např. $s(\varphi)$ a $c(\varphi)$ na obr. 45 a *funkce*(z) na obr. 46.⁴

Potom zvolíme posloupnost bodů, ve kterých bude Mathcad počítat funkční hodnoty. Při vykreslování grafů funkcí si musíme dát pozor, abychom toto pole nezávisle proměnných zvolili dostatečně “husté” a graf funkce byl patřičně hladký.

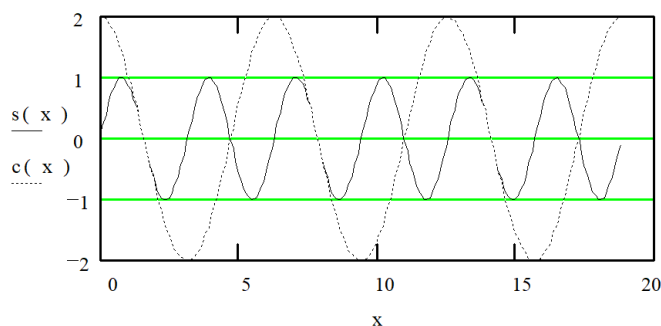
Na obr. 45 znázorníme grafy dvou goniometrických funkcí pro x od 0 do 6π . Tento úsek rozdělíme pravidelně po jedné desetíně (tedy asi na 190 bodů). Způsob vytváření takové posloupnosti je vysvětlen v kapitole 8.1.


Potom už přemístíme kurzor na nové místo a klepneme do tlačítka . Na vodorovnou osu napíšeme název zvolené posloupnosti čísel a na svislou osu jeden nebo více názvů funkcí, oddělených čárkami. U názvů funkcí musí být v závorce uvedeno, pro které body má být vypočtena funkční hodnota.

obr. 45


$$s(\varphi) := \sin(2 \cdot \varphi) \quad c(\varphi) := 2 \cdot \cos(\varphi)$$

$$x := 0, 0.1..6 \cdot \pi$$

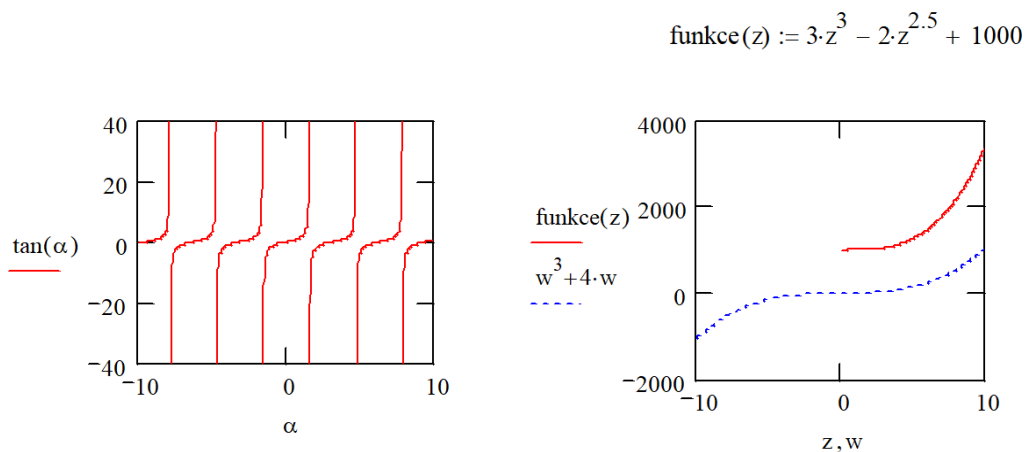


Nová verze Mathcadu umožňuje vytvořit tzv. **rychlý graf** (QuickPlot): Na volné místo napíšeme vztah obsahující pouze jednu proměnnou (např. $\tan(\alpha)$), klepneme na ikonu  a umístíme kurzor mimo graf. Nadefinovaný vztah bude na svislé ose a nezávisle proměnná na ose vodorovné, přičemž Mathcad automaticky vybere rozsah této proměnné od -10 do +10 (viz obr. 46). Pokud chceme umístit na svislou osu více

⁴ U funkcí více proměnných může být argument funkce i název vektoru proměnných.

funkcí, oddělíme jednotlivé funkce čárkou a teprve pak klepneme na ikonu  (viz obr. 46 vpravo).

obr. 46



Můžeme nakreslit také parametrický graf. Na vodorovnou i svislou osu vypíšeme funkce jedné proměnné, jejíž rozsah (pokud nezádáme jinak) opět zvolí Mathcad automaticky:

obr. 47

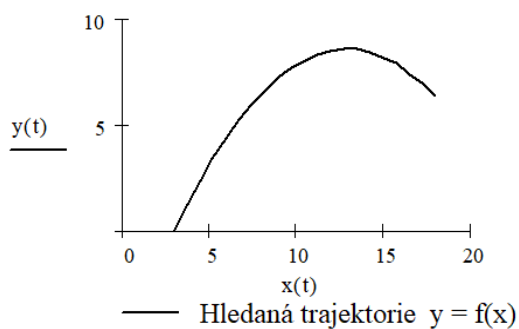
Příklad použití parametrického grafu

$$x_0 := 3 \cdot \text{m} \quad v_0 := 15 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \beta := 60 \cdot \text{deg}$$

závislost vodorovné vzdálenosti na čase: $x(t) := v_0 \cdot \cos(\beta) \cdot t + x_0$

závislost svislé vzdálenosti na čase: $y(t) := -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin(\beta) \cdot t$

zvolený časový úsek: $t := 0, 0.1.. 2 \cdot \text{s}$
(Mathcad by zvolil od -10 do +10 bez jednotky)






10.1.3 Úprava grafu

Na obr. 44 až 47 jsou vykresleny grafy už po jistých úpravách. Chcete-li grafy formátovat, postačí na ně **dvakrát klepnout myší**. Objeví se čtyřstránkové dialogové okno, ve kterém si sami vyzkoušíte funkce jednotlivých položek.⁵ Po každé změně stiskněte tlačítko **Apply** (Použít). Dialogové okno zůstane na obrazovce a můžete pozorovat změny grafu.

Za zmínku stojí položka Show Markers na stránce X-Y Axes, jejíž funkce by nemusela být ihned zřejmá. Tato položka umožní umístit do grafu ve zvolených souřadnicích x resp. y **vislé resp. vodorovné čáry**. Položka Legend Label na stránce Traces umožní zvolit **popis jednotlivých čar**, který se objeví, pokud není zaškrtnuta položka Hide Legend (viz obr. 47).

Stisknutím tlačítka **Change to Defaults** na stránce Defaults se vrátíte ke standardnímu nastavení pro daný dokument. Zaškrtnutím položky Use for Defaults změňte podle upraveného grafu **standardní nastavení** pro všechny příští grafy v dokumentu. Změnit standardní nastavení všech grafů v dokumentu můžeme také hned na začátku práce, pokud vybereme položku menu **Format, Graph, X-Y Plot** nebo otevřeme nový dokument založený na šabloně se změněným standardním nastavením grafů (viz kap. 7.4).


Po **jednom klepnutí myší** na graf můžete provádět další úpravy grafu:

- Pomocí položky menu **Format, Graph, Trace** nebo tlačítka  v sadě pod ikonou  určíte přesné **souřadnice bodu**, do kterého klepnete myší, a můžete je kopírovat do clipboardu. Zaškrtnete-li položku Track Data Points, odečítáte souřadnice bodů, ze kterých byl graf sestaven (souřadnice se pohybují ve skocích a k přesunu mezi jednotlivými body můžeme použít klávesy se šipkami).
- Položka menu **Format, Graph, Zoom** nebo tlačítko  umožní provést **výřez** grafu, který lze rychle vybrat tažením myší.
- Dále se objeví automaticky zvolené **rozsahy os** ve „vaničkách“ a můžete je prostým přepsáním změnit.
- Pokud nejste spokojeni s **velikostí grafu**, potáhněte myší za úchytky na okraji rámečku.

⁵ Pokud jsme klepli přímo na osu grafu, název grafu nebo název osy, můžeme formátovat pouze tyto objekty.

10.2 Polární graf

V případech, kdy nezávisle proměnná je úhel, může být výhodný polární graf (Polar Plot). Práce s polárním grafem je obdobná práci s rovinným grafem x - y (viz kap. 10.1).

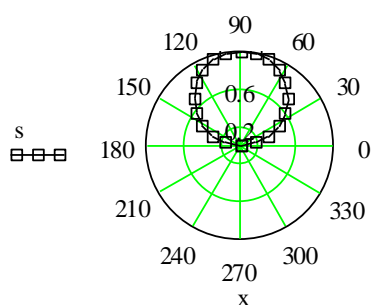
Po klepnutí myší na ikonku s polárním grafem  se objeví obrys grafu se dvěma černými čtverečky. Do spodního vyplníme nezávisle proměnnou - úhel,⁶ do levého čtverečku vyplníme závisle proměnnou, která by měla pokud možno nabývat pouze kladných hodnot.⁷ Do černých čtverečků, které se potom objeví po pravé straně, můžete zvolit rozsah, přičemž hodnoty rostou od středu grafu k okraji a nejnižší hodnota (uprostřed) může být nula.

Na ukázkou uvádíme sinusoidu, která se v tomto typu grafu zobrazí jako kružnice. Pole nezávisle i závisle proměnných jsou dané výpočtem jako posloupnosti čísel ve formě vektorů (x a s). Znázorňujeme všechny prvky vektoru, tedy nemusí být uveden jejich index. Interval od 0 do π jsme rozdělili na 20 dílků:

obr. 48

$i := 0..20$

$x_i := 0.05 \cdot i \cdot \pi$ $s_i := \sin(x_i)$



U polárního grafu je také možné k zobrazení výrazů s jednou proměnnou využít tzv. rychlý graf (viz kap. 10.1.2). Nezávisle proměnnou pak volí Mathcad v rozmezí 0 až 2π .


⁶ Pokud není uvedena jiná jednotka, považuje Mathcad daná čísla za hodnoty úhlů v radiánech.

⁷ Mathcad totiž považuje v tomto typu grafu záporné hodnoty za kladné, které pootočí o 180° , takže graf může být zcela zdeformovaný.

Formátování polárního grafu se provádí obdobně jako u rovinného grafu x-y (viz kap. 10.1.3).

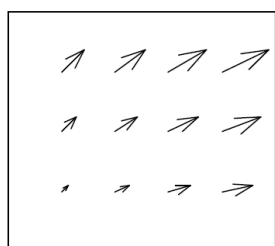
10.3 Graf vektorového pole

Jestliže známe x-ové a y-ové složky vektorů, můžeme vytvořit graf vektorového pole (Vector Field Plot). Tento druh grafu umožní zobrazit i matici komplexních čísel.

Po stisknutí tlačítka  se objeví rámeček s jedním černým čtverečkem. Zde vypíšeme název matice x-ových složek a čárkou oddělený název matice y-ových složek vektorů. Po klepnutí myši mimo graf se objeví pole vektorů o stejné ploše, jako mají dané matice, a rozměry každého vektoru jsou dány vždy odpovídající dvojicí prvků matic. Prvky s indexy (0,0) jsou zobrazeny vlevo dole.

obr. 49

$$X := \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 4 \\ 3 & 4 & 5 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix} \quad Y := \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$



X, Y


Místo dvou matic x-ových a y-ových složek je možno uvést jedinou **matici komplexních čísel**. Reálné části prvků se pak zobrazí jako x-ové složky a imaginární jako y-ové složky vektorů.

Graf vektorového pole můžeme opět **formátovat**, pokud na něj dvakrát klepneme myší.

10.4 Prostorové grafy

Prostorové grafy slouží většinou ke grafickému zobrazení matic. Osy x a y pak mají význam řádků a sloupců matice a na ose z je hodnota odpovídajícího prvku matice. Do černého čtverečku, který se po stisku příslušné ikony grafu objeví, vyplníme název matice. Výjimkou je prostorový graf x-y-z (3D Scatter Plot).

Mathcad umožňuje následující způsoby **zobrazení matic**:

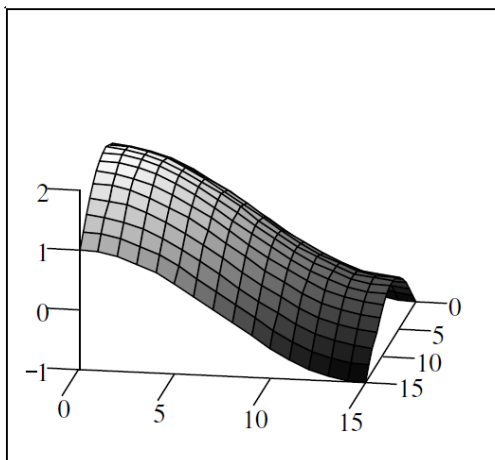
- **Prostorová plocha**  (Surface Plot). Tomuto typu zobrazení se také říká síť (Mesh):

obr. 50

$$i := 0..15$$

$$j := 0..15$$

$$\text{vypoctena}_{i,j} := \sin\left(\frac{i}{15} \cdot \pi\right) + \cos\left(\frac{j}{15} \cdot \pi\right)$$

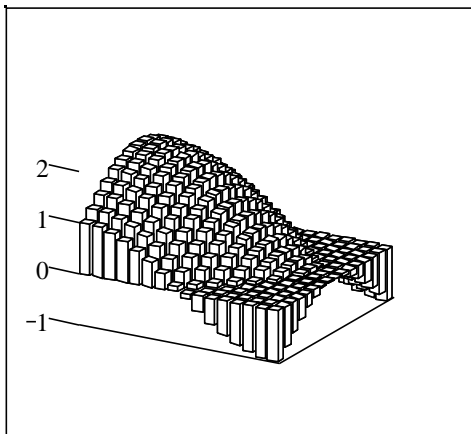


vypoctena


Pokud u tohoto typu zobrazení vyplníme do černého čtverečku pod grafem názvy tří stejně rozsáhlých matic oddělené čárkou, vykreslí se tzv. parametrický prostorový graf. Mathcad interpretuje tyto tři matice jako x-ové, y-ové a z-ové souřadnice bodů na ploše.

- **Sloupcový graf**  (3D Bar Chart):

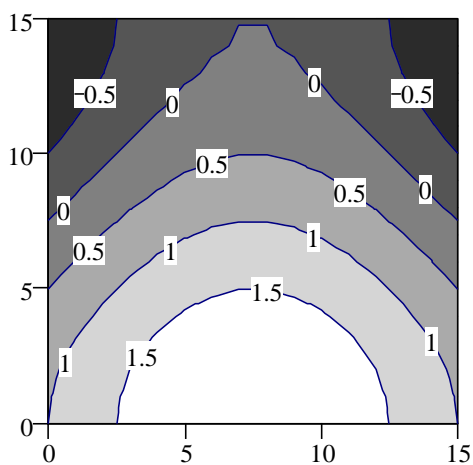
obr. 51



vypočtena

- **Vrstevnicový graf**  (Contour Plot):


obr. 52



vypočtena

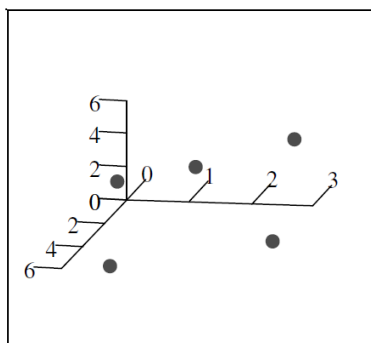
Formátování všech těchto grafů se provádí stejným způsobem - dvakrát klepneme na upravovaný graf a máme obdobně jako u rovinného grafu x-y (viz kap. 10.1.3) k dispozici čtyřstránkové formátovací okno.

Upozorňujeme zvláště na položku Display As na stránce View, kde můžeme přepínat mezi různými způsoby zobrazení matice. Kromě předchozích tří druhů zobrazení je zde ještě možnost Data Points. Jedná se o **zobrazení prvků matice ve formě bodů** v prostoru řádek-sloupec-hodnota.

Všechny předchozí druhy prostorových grafů zobrazovaly matici. Osy x a y představovaly řádky a sloupce dané matice. Jinak je to u **prostorového grafu x-y-z** (3D Scatter Plot). Zde můžeme nadefinovat obvyklými způsoby (viz kap. 8.2.3) vektory souřadnic x, y, z a jména těchto tří vektorů (oddělená čárkou) vypíšeme do černého čtverečku, který se objeví po stisku tlačítka . Dostaneme prostorový obraz bodů v nadefinovaných souřadnicích:

obr. 53

$$a := \begin{bmatrix} 0.1 \\ 2.3 \\ 3.8 \\ 0.9 \\ 5.6 \end{bmatrix} \quad b := \begin{bmatrix} 2.7 \\ 1.5 \\ 3 \\ 0 \\ 0.7 \end{bmatrix} \quad c := \begin{bmatrix} 4.1 \\ 3.8 \\ 0.5 \\ 1.8 \\ 0 \end{bmatrix}$$



a, b, c

Formátování tohoto grafu je obdobné jako u grafů předchozích.

10.5 Animace

Mathcad umožňuje vytvoření pohybujícího se grafu nebo měnícího se matematického výpočtu. To je možné díky vestavěné proměnné *FRAME*, která dokáže měnit svoji hodnotu s časem.

Postup vzniku pohybujícího se grafu je následující:

- Vytvoříme graf podle pravidel popsanych v předchozích kapitolách, avšak při zadávání zobrazovaných hodnot použijeme někde proměnnou s názvem *FRAME*, např. $x : 0, 0.1 ; (FRAME+1) * \pi / 4$,
- zvolíme položku menu **View, Animate**,
- tažením myši uzavřeme vytvořený graf do rámečku,
- zadáme odkud kam se má hodnota proměnné *FRAME* pohybovat a případně i rychlost přehrávání,
- stiskneme tlačítko **Animate**,
- vidíme ukázkou animace pro nastavené hodnoty proměnné *FRAME* a potom se na obrazovce objeví okno, ve kterém si můžeme vytvořenou animaci přehrávat (stiskem šipky vlevo dole),
- hotovou animaci lze uložit pomocí tlačítka **Save As** (koncovka **.avi**) a přehrát později pomocí položky menu **View, Playback** a na pravém tlačítku myši **Open**.

Pro spuštění animace je vhodné použít např. hyperlink (viz kap. 7.6.1).

Nezapomínejte, že Mathcad volí při grafickém zobrazování automaticky rozsahy os tak, aby graf dobře vypadal. Při animacích je někdy vhodnější zadat rozsahy os pevně (viz kap. 10.1.3).

Další možnosti, které existují při animaci objektů, necháme na průzkumu uživatele. Doporučujeme využít příklady obsažené v menu **Help, Resource Center** v části QuickSheets, Animations.

11. Řešení rovnic

11.1 Jedna rovnice pro jednu neznámou

Mathcad je schopen řešit i velmi složité rovnice, kdy hledaná neznámá je obsažena současně v několika různých funkcích apod.

11.1.1 Funkce *root*

Před vlastním řešením je zapotřebí:

- Řešenou rovnici převést do tvaru, kdy **na jedné straně je nula**. Tak vznikne na druhé straně rovnice vztah $f(z)$, se kterým budeme dále pracovat.
- Uvést **počáteční odhad** neznámé. Pokud má rovnice několik řešení, pak záleží na tom, z jaké strany se Mathcad bude ke správné hodnotě přibližovat, a pro různé odhady můžeme dostat jiné, byť správné, výsledky. Jestliže nás zajímá řešení v oblasti komplexních čísel, měl by být i zvolený odhad komplexní číslo.

Rovnici vyřešíme pomocí funkce $root(f(z), z)$, která má v závorce dva argumenty vzájemně oddělené čárkou. Na prvním místě je vztah, který vznikl uvedenou úpravou rovnice. Na druhém místě je název hledané neznámé.

obr. 54

$x := 10$

$$x := \text{root} \left(\sqrt{\frac{1}{x+1}} + 3 \cdot \sin(x) + e^x - 7, x \right)$$

$x = 1.249$

Na dalším obrázku vidíme, že je možno řešit i rovnici s **proměnnými parametry**. Hledaná neznámá y je tentokrát v horní mezi integrálu.

Nadefinujeme vlastní funkci f , ve které jako argument zvolíme proměnný parametr a do ní přiřadíme hodnotu funkce $root$. Pro požadované parametry a dostáváme potom hodnoty y sekvencí kláves **f(a) =** .

obr. 55

 $y := 1$

$$f(a) := \text{root} \left(\int_0^y \log(x+a) dx, y \right)$$

 $a := 0.2, 0.4..1$
 $f(a)$

1.926
1.356
0.864
0.417
0.061

11.1.2 Chybové hlášení „nekonverguje“

Pokud Mathcad **nenalezne řešení** rovnice, nahlásí: *Can't converge to a solution. Try a different guess value or check that a solution really exists.* Co můžeme v takovém případě udělat:

- Doporučujeme nejprve změnit počáteční odhad. Vzhledem k použité metodě řešení (metoda sečen - regula falsi) se může stát, že u složitějších funkcí s mnoha lokálními extrémy či nespojitostmi není při některých počátečních volbách řešení nalezeno.
- Řešenou funkci můžeme znázornit graficky (viz kap. 10.1.2) a ověřit, zda vůbec nějaké reálné řešení existuje.
- Pokud ani při různých změnách odhadu nedostaneme výsledek, zadáme odhad jako komplexní číslo.
- Můžeme zvýšit povolenou chybu řešení - viz konec kapitoly 11.

11.1.3 Funkce polyroots

Pomocí funkce *polyroots(v)* můžeme získat naráz všechna řešení rovnice n -tého stupně ve tvaru: $v_n z^n + \dots + v_1 z + v_0 = 0$.

Nejprve nadefinujeme vektor koeficientů v . Může obsahovat i komplexní prvky. Na rozdíl od funkce *root* nemusíme volit počáteční odhady kořenů. Potom získáme výsledek ve formě vektoru sekvencí kláves **polyroots(v)** = .



Na obr. 56 řešíme rovnici $2x^3 + 8x^2 - 5 = 0$:

obr. 56

$$v := \begin{pmatrix} -5 \\ 0 \\ 8 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \text{polyroots}(v) = \begin{pmatrix} -3.83 \\ -0.898 \\ 0.727 \end{pmatrix}$$

11.2 Soustavy rovnic

V kapitole 4.2.2 jsme vysvětlili význam jednotlivých typů rovnítek. Na předchozích stranách jsme použili dvou hlavních typů rovnítek pro vložení ($:=$) a vypsání ($=$) hodnoty procvičili na mnoha příkladech.

Při řešení soustav rovnic využijeme **podmínkové rovnítko**. Získáme ho stiskem tlačítka  (Boolean Equals) v sadě pod ikonou .

11.2.1 Pravidla při vytváření soustav

Při psaní soustav rovnic je zapotřebí dodržet několik pravidel:

- Uvést **počáteční odhady** hledaných proměnných. Pro jejich volbu platí stejná pravidla jako u jedné rovnice (viz kap. 11.1.1). Pro různé odhady můžeme opět dostat různé výsledky (viz obr. 59 a obr. 60).
- Za odhady neznámých začíná soustava rovnic klíčovým slůvkem **Given** (je dáno) a končí funkcí *Find*, nebo *Minerr*. Obě funkce dávají ve většině případů stejné výsledky. Může se však stát, že první funkce nenajde řešení a druhá ano

(viz obr. 61). Argumenty těchto funkcí jsou v obou případech názvy hledaných neznámých oddělené čárkou.

- Proměnné v soustavě nesmí být ve formě polí.
- Mathcad by měl umět řešit 50 nelineárních rovnic pro 50 neznámých.
- Mezi pravou a levou stranou rovnic musí být **podmínkové rovnítko**. V soustavě mohou být i **nerovnice** (nikoliv nerovnost \neq).
- Mezi **Given** a **Find** (resp. **Minerr**) se nesmí objevit žádné pomocné vztahy. Pokud je rovnic méně než neznámých, ohlásí Mathcad: *This system of equations has more unknowns than there are equations.*

11.2.2 Řešení soustav lineárních rovnic

Řešme soustavu tří rovnic pro tři neznámé a, b, c :

obr. 57

$$a := 3 \quad b := 3 \quad c := 2$$

Given

$$a + 4b + 7c = 4$$

$$5a + 5b + 8c = 3$$

$$3a + 7b + 9c = 2$$

$$\text{Find}(a, b, c) = \begin{pmatrix} -0.244 \\ -1.467 \\ 1.444 \end{pmatrix}$$

Soustavu lineárních rovnic můžeme vyřešit ještě snadněji, když použijeme běžného matematického postupu s využitím matic a vektorů.

Koeficienty z levé strany rovnic přepíšeme do čtvercové matice (např. L) a pravé strany rovnic uvedeme ve formě vektoru (např. P). Vektor hledaných neznámých R dostaneme tak, že k matici L vypočteme matici inverzní a tu vynásobíme vektorem P . V následujícím příkladu budeme takto řešit soustavu rovnic z obr. 57.

obr. 58

$$L := \begin{pmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 5 & 5 & 8 \\ 3 & 7 & 9 \end{pmatrix} \quad P := \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$R := L^{-1} \cdot P$$

$$R = \begin{pmatrix} -0.244 \\ -1.467 \\ 1.444 \end{pmatrix}$$

Hledané řešení je tedy: $a = -0,244$; $b = -1,467$; $c = 1,444$, což je stejný výsledek jako na obr. 57.

Ve verzi Mathcad Professional je pro řešení soustav lineárních rovnic k dispozici funkce $lsolve(L,P)$.

11.2.3 *Soustavy nelineárních rovnic*

Nelineární rovnice mohou mít **více řešení**. V tom případě záleží, jak jsme již uvedli, na původním odhadu hodnot.

Například **průnik kružnice a přímky** dává dvě řešení.¹ Napíšeme rovnici kružnice se středem v počátku a poloměrem 1 a rovnici přímky, která prochází počátkem pod úhlem 45° . Nyní najdeme jeden z průsečíků:

obr. 59

$r := 1$	poloměr kružnice
$x := 100 \quad y := 100$	odhad neznámých
Given	klíčové slovo
$x^2 + y^2 = r^2$	rovnice kružnice
$y = x$	rovnice přímky
$\text{Find}(x, y) = \begin{pmatrix} 0.707 \\ 0.707 \end{pmatrix}$	hledaný průsečík

Pozor: $x = 100 \quad y = 100$

¹ Abychom byli přesní, někdy je jen jedno řešení a někdy žádné.

Všimněte si, prosím, posledního řádku na předchozím obrázku. Zde varujeme před častou chybou uživatelů Mathcadu, která vyplývá z nepochopení významu funkce *Find*. *Find* je funkce a nikoliv proměnná. Do neznámých x a y nebyly dosud přiřazeny vypočtené hodnoty. Neznámé mají stále hodnotu odhadu!

Pokud bychom chtěli s vypočtenými čísly dále pracovat, musíme hodnoty funkce *Find* vložit do nějaké proměnné, např. do vektoru s nadefinovanými názvy prvků x , y (nebo a , b - viz obr. 60 a obr. 61).²

Našli jsme řešení, tj. souřadnice průsečíku v I. kvadrantu kružnice. Změnou odhadu proměnných x a y najdeme řešení pro průsečík ve III. kvadrantu kružnice.³ Řešení je doplněno grafickým znázorněním úlohy. Vypočtené souřadnice a , b jsou zobrazeny v grafu čtverečkem.

obr. 60

$$r := 1$$

$$x := -100 \quad y := -100 \quad \text{jiný odhad}$$

Given

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad \text{soustava rovnic}$$

$$y = x$$

$$\text{pole neznámých: } \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \text{Find}(x, y)$$

řešení:

$$a = -0.707$$

$$b = -0.707$$

Grafické znázornění

$$x(\phi) := r \cdot \cos(\phi)$$

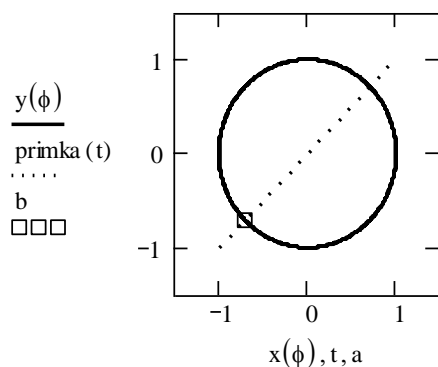
k nakreslení kružnice využijeme
parametrický graf (viz kap. 10.1.2)

$$y(\phi) := r \cdot \sin(\phi)$$

$$\text{prímka}(t) := t$$

$$t := -r..r$$

posloupnost nezávisle proměnných



² Obdobně to bylo i u funkce *root* - viz obr. 54.

³ Jiné řešení lze někdy nalézt, pokud do soustavy přidáme vhodně zvolenou nerovnici - podmínku pro hledanou neznámou.

11.2.4 Význam funkce Minerr

Na dalším obrázku si ukážeme význam funkce *Minerr* pro řešení soustavy rovnic.

Použijeme stejnou kružnici jako u předchozího příkladu, ale přímku posuneme tak, že se s kružnicí neprotíná. Soustava rovnic nemá reálné řešení. Použijeme-li funkci *Find*, ohlásí Mathcad chybu: *Can't find a solution to this system of equations. Try a different guess value or check that a solution really exists.* Použijeme-li funkci *Minerr*, dostaneme řešení znázorněné v následujícím grafu křížkem - řešení, které „pokud možno splňuje obě rovnice s minimální chybou“.

Poznámka: Soustava rovnic má ve skutečnosti řešení v oblasti komplexních čísel. Zadáme-li v odhadu neznámých za x , y jakákoliv komplexní čísla, dostaneme i pomocí funkce *Find* správné řešení: $x = 1+0.707i$; $y = -1+0.707i$.

obr. 61

$$r := 1$$

$$x := -100 \quad y := -100$$

Given

$$x^2 + y^2 = r^2$$

$$y = x - 2 \quad \text{nová rovnice přímky}$$

$$\text{pole neznámých: } \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} := \text{Minerr}(x, y)$$

řešení:

$$a = 0.794$$

$$b = -0.794$$

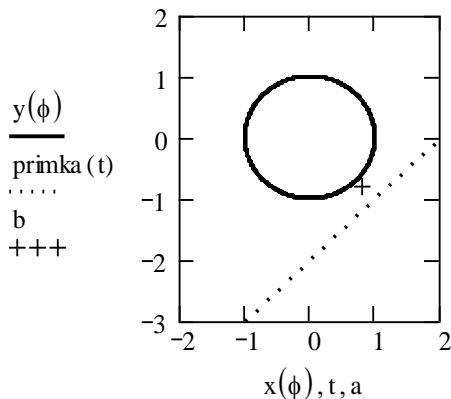
Grafické znázornění

$$x(\phi) := r \cdot \cos(\phi)$$

$$y(\phi) := r \cdot \sin(\phi)$$

$$\text{primka}(t) := t - 2$$

$$t := -r..r + 1$$



11.2.5 Proměnné ve formě polí

Nyní si ukážeme, jak obejít zákaz používání proměnných ve formě polí v soustavách rovnic. Uděláme to obdobně jako u jedné rovnice v příkladu na obr. 55.⁴

Budeme opět řešit příklad s kružnicí a přímkou, ale poloměr kružnice se bude tentokrát měnit - bude postupně nabývat hodnot 1, 2 a 3. Proměnných parametrů by v soustavě mohlo být více, všechny bychom uvedli jako argumenty nově nadefinované funkce f :

obr. 62

$x := 100$ $y := 100$

Given

$$x^2 + y^2 = r^2$$

$$y = x$$

$f(r) := \text{Find}(x, y)$

$r := 1..3$

x-ové souřadnice průsečíků

y-ové souřadnice

$f(r)_0$

0.707
1.414
2.121

$f(r)_1$

0.707
1.414
2.121

⁴ Příklad na obr. 55 jsme mohli řešit i jednodušším způsobem. Nezavádět vlastní funkci f s proměnným parametrem v argumentu, ale přímo se ptát na hodnotu funkce $root$. U funkce $root$ neplatí zákaz použití polí. Tento postup u funkce $Find$ použít nemůžeme.

11.2.6 *Chybové hlášení Can't find a solution ...*

Na závěr shrňme, jaké máme možnosti v případě, že při použití funkce *Find* **nebylo nalezeno řešení**.⁵

- Změníme počáteční odhad neznámých. Očekáváme-li řešení v oblasti komplexních čísel, musí i odhady být čísla komplexní.
- Přidáme do soustavy rovnic nerovnosti pro vymezení oblasti, ve které hledat neznámé.
- Použijeme místo funkce *Find* funkci *Minerr*. Můžeme tak získat řešení přibližné.

Zavedeme proměnnou *TOL* a přiřadíme do ní větší číslo než 0.001 (její standardní hodnota). Jedná se o **povolenou nepřesnost** při hledání řešení numerickými metodami (tj. při použití funkce *root*, při řešení soustav rovnic, ale i určitých integrálů, derivace v daném bodě atd.). Zvolíme-li tuto proměnnou velkou, sníží se čas řešení na úkor přesnosti. Jestliže má tato proměnná nízkou hodnotu, je řešení sice přesnější, ale v případech, kdy se k němu asymptoticky přibližujeme, se může zvýšit čas výpočtu natolik, že Mathcad ohlásí *Can't converge to a solution...* nebo *Can't find a solution...*

⁵ Předpokládáme, že rovnice či nerovnice jsou napsány bezchybně. Chyby v soustavě jsou totiž nejčastější příčinou nenalezeného řešení. Většinu chyb však Mathcad odhalí a nahlásí: *Something is wrong with the solve block used to define this function.*

12. Symbolické procesy

Doposud jsme o Mathcadu mluvili jako o velice slušném počítadle. Možnost symbolických výpočtů jej posouvá do jiné výkonnostní třídy. Při symbolických procesech je možné provádět různé operace nejen s čísly, ale i se symboly, tj. **s proměnnými**. Můžeme zjednodušovat složité matematické výrazy, upravovat rovnice, řešit derivace, neurčité integrály atd.

12.1 Odlišnost symbolických procesů od numerických výpočtů

Symbolické procesy probíhají zcela jinak než výpočty numerické. V předchozích kapitolách používá Mathcad klasické numerické přibližné metody řešení. Naproti tomu **symbolické výpočty jsou exaktní, přesné**.

Nejlépe to snad vysvětlíme na příkladu, který lze řešit jak numericky, tak symbolicky. Napíšete-li $\sin(\pi/4) =$, dostanete výsledek 0.707, který si případně můžete nechat zobrazit na více desetinných míst. Necháme-li tentýž příklad vyřešit symbolicky, dostaneme $\sqrt{2}/2$.

Stejně tak při symbolickém řešení určitých integrálů nepoužije Mathcad numerické metody řešení, nýbrž vypočte nejprve integrál neurčitý a do výsledku potom dosadí horní a dolní meze integrálu (viz první příklad na obr. 63).

Zcela odlišnými postupy tak dostaneme přibližně stejné výsledky. U symbolických výpočtů se nám může stát, že přesné řešení nelze nalézt. Pak se musíme spokojit s řešením numerickým podle předchozích kapitol.

Příklady, kde se vyskytne **desetinné číslo** (kromě π , e), nelze přesně řešit ani symbolicky. V těchto případech získáme řešení s přesností na dvacet číslic. Kdybychom např. chtěli symbolicky zjednodušit výraz $\sin(\pi/4.0)$, dostaneme výsledek 0.70710678118654752441. Tento nedostatek snadno napravíme, budeme-li místo desetinných čísel používat zlomky.

Nalezení přesného výsledku je však pouze jedna z předností symbolických procesů. Hlavní předností symbolických procesů je to, že nemusíme pracovat pouze s čísly. **Můžeme pracovat i s výrazy, kde se vyskytují proměnné.**

12.2 Příklady použití položek menu Symbolics

Před provedením prvního symbolického výpočtu můžeme vybrat **polohu upraveného výrazu**.

Zvolíme-li položku menu **Symbolics, Evaluation Style** a vybereme Evaluate in Place, uvidíme pak po provedení symbolického procesu pouze jeho výsledek na místě původního výrazu. Nebo si můžeme vybrat, zda má být výsledek umístěn hned pod upravovaným výrazem (vertically, without inserting lines), pod výrazem na vložené řádce (vertically, inserting lines) - standardní poloha, nebo vedle upravovaného výrazu (horizontally). Navíc můžeme zaškrtnout, zda mají být zobrazovány textové informace o provedených úpravách (Show evaluation comments).

Na našich obrázcích jsme nechali výsledky symbolických procesů spolu s textem zobrazovat vždy vedle upravovaných výrazů.

Nyní uvedeme příklady využití dalších položek menu **Symbolics**:

- **Evaluate**


Editovacím kurzorem označíme výraz (viz kap. 7.1), který chceme **vyřešit symbolicky**. Může to být nějaká funkce,¹ suma, derivace, integrál, limity apod. a může obsahovat čísla i proměnné (viz kap. 12.1). Potom klepneme myší na položku menu **Symbolics, Evaluate, Symbolically**.

obr. 63

$$\int_1^2 \cos(x) dx \quad \text{yields} \quad \sin(2) - \sin(1)$$

$$\frac{d^2}{dx^2} \sin(x) \quad \text{yields} \quad -\sin(x)$$

$$\int \sin(x)^2 + x^5 dx \quad \text{yields} \quad \frac{-1}{2} \cdot \cos(x) \cdot \sin(x) + \frac{1}{2} \cdot x + \frac{1}{6} \cdot x^6$$

¹ Aplikovaná na skalár, nebo pomocí tlačítka  na jednotlivé prvky vektoru (viz kap. 8.2.5).

Položku **Floating Point** zvolíme v případě, že chceme výsledek ve formě desetinného čísla. Po výběru této položky se otevře dialogové okno, kde si můžeme vybrat, s jakou přesností má být příklad řešen (doporučujeme max. 250 číslic).²

Položku **Complex** zvolíme v případě, že výraz obsahuje komplexní čísla a výsledek chceme mít v klasické formě $x+iy$.

- **Simplify**

Mezi editovací čáry uzavřeme výraz, nebo jeho část, kterou chceme **zjednodušit**. Potom klepneme myší na položku menu **Symbolics, Simplify**.

obr. 64

$$\left(x^3 + 5 \cdot x^3\right) \cdot \frac{x^{-2}}{6} + 3 \cdot x \quad \text{simplifies to} \quad 4 \cdot x$$

$$\cos(x)^2 \cdot \left(\tan(x)^2 + 1\right) \quad \text{simplifies to} \quad 1$$

- **Expand**

Kurzorem označíme výraz, který chceme převést na součet. Potom klepneme myší na položku menu **Symbolics, Expand**. Mathcad výraz rozšíří - provede **roznásobení, umocnění** apod.

obr. 65

$$\sin(2 \cdot x + y) \quad \text{expands to} \quad 2 \cdot \cos(y) \cdot \sin(x) \cdot \cos(x) + 2 \cdot \sin(y) \cdot \cos(x)^2 - \sin(y)$$

$$(a + b)^3 \quad \text{expands to} \quad a^3 + 3 \cdot a^2 \cdot b + 3 \cdot a \cdot b^2 + b^3$$

- **Factor**

Tato položka je do jisté míry opakem předchozí položky. Kurzorem označený výraz převedeme na **součin**. Proces je úspěšný, pokud označíme takovou část výrazu, ze které lze něco vytknout. Ve druhém příkladu na obr. 66 jsme označili pouze první tři sčítance, ve třetím příkladu celý výraz. Číslo převedeme pomocí této položky na součin prvočísel:

² Standardně je nastaveno dvacet platných číslic.

obr. 66

$$156 \quad \text{by factoring, yields} \quad (2)^2 \cdot (3) \cdot (13)$$

$$4 \cdot a^3 + a^2 + a^2 \cdot b + b^4 \quad \text{by factoring, yields} \quad a^2 \cdot (4 \cdot a + 1 + b) + b^4$$

$$a^3 + 3 \cdot a^2 \cdot b + 3 \cdot a \cdot b^2 + b^3 \quad \text{by factoring, yields} \quad (a + b)^3$$

- **Collect**

Editovacím kurzorem označíme pouze proměnnou a zvolíme položku menu **Symbolics, Collect**. Tak se **shromáždí členy** se stejnou mocninou označené proměnné a celý výraz se **uspořádá jako polynom** s postupně klesajícími mocninami. V prvním příkladu na obr. 67 jsme označili y , ve druhém příkladu x .

obr. 67

$$4y^2 \cdot x - 2x^4 \cdot y^3 + 3y^3 - x^2 - 5y^2 \cdot x^2 \quad \text{by collecting terms, yields} \quad (3 - 2x^4) \cdot y^3 + (-5x^2 + 4x) \cdot y^2 - x^2$$

$$4y^2 \cdot x - 2x^4 \cdot y^3 + 3y^3 - x^2 - 5y^2 \cdot x^2 \quad \text{by collecting terms, yields} \quad -2x^4 \cdot y^3 + (-1 - 5y^2) \cdot x^2 + 4y^2 \cdot x + 3y^3$$

- **Polynomial Coefficients**

Položka menu **Symbolics, Polynomial Coefficients** má význam obdobný jako položka předchozí. Opět je třeba označit pouze proměnnou a výsledkem je **vektor koeficientů polynomu**.³ Srovnajte následující příklad s druhým příkladem na obr. 67.

obr. 68

$$4y^2x - 2x^4y^3 + 3y^3 - x^2 - 5y^2x^2 \quad \text{has coefficients} \quad \begin{bmatrix} 3 \cdot y^3 \\ 4 \cdot y^2 \\ -1 - 5 \cdot y^2 \\ 0 \\ -2 \cdot y^3 \end{bmatrix}$$

³ Index prvku odpovídá mocnině příslušného členu polynomu.

- **Variable, Solve**

Využijeme při odvozování vztahů, hledání kořenů apod. Z rovnic i nerovnic⁴ můžeme **vypočítat požadovanou proměnnou** jednoduše tak, že ji označíme kurzorem a klepneme myší na položku menu **Symbolics, Variable, Solve**. Výsledkem je vztah pro výpočet označené proměnné, pokud má příklad více řešení, dostaneme je ve formě vektoru.

Symbolicky např. vyřešíme klasickou kvadratickou rovnicí⁵ pro neznámou x :

obr. 69

$$a \cdot x^2 + b \cdot x = c \quad \text{has solution(s)} \quad \left[\begin{array}{l} \frac{1}{(2 \cdot a)} \cdot \left(-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} \right) \\ \frac{1}{(2 \cdot a)} \cdot \left(-b - \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} \right) \end{array} \right]$$

Na dalším obrázku můžeme **srovnat řešení symbolické a numerické**.

První příklad řešíme symbolicky a dostáváme přesné výsledky. Vidíme, že je možno používat π a zlomky (viz kap. 12.1). Druhý příklad řešíme rovněž symbolicky, ale dostáváme pouze řešení s přesností na dvacet číslic, protože v zadání je použito desetinné číslo. Ve třetím příkladu vidíme numerické řešení téhož problému. Druhý kořen bychom dostali po změně počátečního odhadu (viz kap. 11.1.1).⁶

Poznámka: Při psaní komplexního čísla $1+i$ musíme psát **1+1i**. Jinak Mathcad místo imaginární jednotky předpokládá proměnnou s názvem i .

⁴ Výraz, který není rovnicí ani nerovnicí, považuje Mathcad v tomto případě za rovnici s nulou na pravé straně.

⁵ Všimněte si, prosím, že v rovnici musíme používat podmínkové rovnítko (viz kap. 4.2.2).

⁶ V tomto konkrétním příkladě by bylo vhodnější použít funkci *polyroots* (viz kap. 11.1.3).

obr. 70

$$\pi x^2 + \frac{3}{2}x - 2 \quad \text{has solution(s)} \quad \left[\begin{array}{l} \frac{1}{(2 \cdot \pi)} \cdot \left(\frac{-3}{2} + \frac{1}{2} \cdot i \cdot \sqrt{-9 + 32 \cdot \pi} \right) \\ \frac{1}{(2 \cdot \pi)} \cdot \left(\frac{-3}{2} - \frac{1}{2} \cdot i \cdot \sqrt{-9 + 32 \cdot \pi} \right) \end{array} \right]$$

$$\pi x^2 + \frac{3}{2}x - 2.0 \quad \text{has solution(s)} \quad \left[\begin{array}{l} -.23873241463784300365 + .76133212632120440858i \\ -.23873241463784300365 - .76133212632120440858i \end{array} \right]$$

$$x := 1 + i$$

$$\text{root}\left(\pi x^2 + \frac{3}{2}x + 2, x\right) = -0.239 + 0.761i$$

Samotný výraz na dalším obrázku je považován za rovnici s nulou na pravé straně (viz pozn. 4 na str. 65). Tato rovnice by po úpravě vedla na rovnici kubickou a dostáváme tedy tři kořeny:

obr. 71

$$a \cdot x - \frac{1}{x^2} \quad \text{has solution(s)} \quad \left[\begin{array}{l} \left(\frac{1}{a}\right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} \\ \frac{-1}{2} \cdot \left(\frac{1}{a}\right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} + \frac{1}{2} \cdot i \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{1}{a}\right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} \\ \frac{-1}{2} \cdot \left(\frac{1}{a}\right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} - \frac{1}{2} \cdot i \cdot \sqrt{3} \cdot \left(\frac{1}{a}\right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} \end{array} \right]$$

Pomocí **Symbolic, Variable, Solve** jsme úspěšně vyzkoušeli i řešení rovnic čtvrtého stupně. Rovnice pátého a vyššího stupně už řešíme numericky pomocí funkce *root* resp. *polyroots*.

Můžeme řešit i **nerovnice**. Pokud je řešení sjednocením více intervalů, dostáváme ho ve formě vektoru (viz první příklad na obr. 72), pokud je průnikem intervalů, bude ve formě součinu (viz druhý příklad).

obr. 72

$$|3x - 2| \geq 7 \quad \text{has solution(s)} \quad \begin{bmatrix} x \leq \frac{-5}{3} \\ 3 \leq x \end{bmatrix}$$

$$|3x - 2| \leq 7 \quad \text{has solution(s)} \quad \left(\frac{-5}{3} \leq x\right) \cdot (x \leq 3)$$

- **Variable, Substitute**

Do clipboardu přesuneme výraz, kterým budeme nahrazovat proměnnou v upravovaném vztahu. Potom tuto proměnnou označíme a zvolíme příslušnou položku menu. Tak proběhne **substitute** - nahrazení všech proměnných se stejným názvem v celém vztahu výrazem z clipboardu.

- **Variable, Differentiate**

Ve výrazu klepneme na proměnnou, podle které chceme **derivovat**. Můžeme derivovat výraz, rovnici (zderivují se obě její strany) i matici (každý prvek zvlášť). Potom zvolíme položku menu **Symbolics, Variable, Differentiate**. Tímto způsobem nelze derivovat výrazy a funkce vlastní, které byly definovány výše v dokumentu. I to však Mathcad umí (viz kap. 12.4). Vestavěnou funkci \ln derivujeme na obr. 73 podle proměnné x .

obr. 73

$$\ln(xy + e) \quad \text{by differentiation, yields} \quad \frac{y}{(xy + e)}$$

- **Variable, Integrate**

Jedná se o **neurčitý integrál**. Klepneme na proměnnou, podle které chceme integrovat. Integrovat lze pouze jednotlivé výrazy a prvky matic. Potom zvolíme příslušnou položku menu. Může se stát, že Mathcad neurčitý integrál nenalezne. Potom nahlásí: *No closed form found for integral*. Výraz na obr. 74 integrujeme opět podle x .

obr. 74

$$\frac{y}{(xy + e)} \quad \text{by integration, yields} \quad \ln(xy + \exp(1))$$

- **Variable, Expand to Series**

Tato položka umožní **rozvoj v řadu**. Označíme proměnnou (v našem prvním příkladu x , ve druhém y) a klepneme myší na položku menu **Symbolic, Expand to Series**. Ještě před zahájením symbolického procesu se objeví okno, kde si můžeme vybrat, kterou mocninu chceme již zanedbat (Order of Approximation) - standardně je to 6. V prvním příkladu jsme zvolili 4., ve druhém 5.

obr. 75

$$\sin(x + a) \text{ converts to the series } \sin(a) + \cos(a) \cdot x + \left(\frac{-1}{2} \cdot \sin(a)\right) \cdot x^2 + \left(\frac{-1}{6} \cdot \cos(a)\right) \cdot x^3 + O(x^4)$$

$$\ln(y + e) \text{ converts to the series } 1 + \frac{1}{e} \cdot y + \left[\frac{-1}{(2 \cdot e^2)}\right] \cdot y^2 + \left[\frac{1}{(3 \cdot e^3)}\right] \cdot y^3 + \left[\frac{-1}{(4 \cdot e^4)}\right] \cdot y^4 + O(y^5)$$

- **Variable, Convert to Partial Fraction**

Označíme proměnnou (v našem příkladu x) a zvolíme příslušnou položku menu. Výraz se rozloží na **parciální zlomky**. Všechny konstanty musí být celá čísla nebo zlomky. Výraz s desetinnými čísly se neupraví.

obr. 76

$$\frac{c}{(x + a) \cdot (x - b)} \text{ expands in partial fractions to } \frac{-c}{((b + a) \cdot (x + a))} + \frac{c}{((b + a) \cdot (x - b))}$$

- **Matrix**

Symbolicky můžeme rovněž pracovat s maticemi. Jak uvádíme v kap. 12.1, postup je zcela odlišný od výpočtu numerického, který je popsán v kap. 8.3.2.

Menu umožňuje **transponovat** matici (**Transpose**), určit matici **inverzní** (**Invert**) nebo vypočítat **determinant** (**Determinant**). Mezi editovací čáry uzavřeme upravovanou matici a zvolíme příslušnou položku menu:

obr. 77

$$\begin{bmatrix} w & x \\ y & z \end{bmatrix} \text{ by matrix transposition, yields } \begin{bmatrix} w & y \\ x & z \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \text{ by matrix inversion, yields } \begin{bmatrix} \frac{d}{(a \cdot d - b \cdot c)} & \frac{-b}{(a \cdot d - b \cdot c)} \\ \frac{-c}{(a \cdot d - b \cdot c)} & \frac{a}{(a \cdot d - b \cdot c)} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} \\ a_{2,1} & a_{2,2} \end{bmatrix} \text{ has determinant } a_{1,1} \cdot a_{2,2} - a_{1,2} \cdot a_{2,1}$$

- **Transform**

Mathcad umožňuje ještě **Fourierovu**, **Laplaceovu** a **z-transformaci** i jejich **inverze**. Tyto operace uplatníme např. při řešení diferenciálních rovnic, statistických výpočtech atd.

Na dalším obrázku jsme zároveň vyzkoušeli Laplaceovu transformaci a její inverzi.

obr. 78

$$\sin(x) \text{ has Laplace transform } \frac{1}{(s^2 + 1)} \text{ has inverse Laplace transform } \sin(t)$$

12.3 Zvláštní funkce


Ve výsledku symbolického procesu, nejčastěji po integraci, se mohou objevit zvláštní funkce představující výrazy, které Mathcad neumí už dále symbolicky upravit (viz obr. 80 - funkce *FresnelS*). Tyto výrazy můžeme nechat vyřešit numericky.

Jejich vzhled najdeme v nápovědě (**Help**), nejrychleji snad takto: standardním **Shift F1** vyvoláme kurzor s otazníkem a tím klepneme na název funkce ve výsledku symbolického procesu. Jiný postup: klávesou **F1** vyvoláme nápovědu (**Help, Mathcad Help**), zvolíme stranu Search (Najít) a vypíšeme název hledané funkce.

Objeví se tabulka všech zvláštních funkcí (Special Functions), kde klepneme na funkci, jejíž vzhled nás zajímá.

Tak např. *FresnelS*(x) představuje výraz: $\int_0^x \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot t^2\right) dt$.

„Help kurzoru“ se po návratu do dokumentu zbavíme klávesou **Esc**.

Ještě lepší je klepnout na ikonu  (Resource Center), tam zvolit QuickSheets a potom kapitolu Special Functions. Odtud můžeme jednotlivé **funkce zkopírovat** tažením myši do dokumentu. Potom zkontrolujeme, zda jsou výše definovány potřebné proměnné (v našem příkladu x) a můžeme nechat vypočítat hodnotu výrazu numericky.



12.4 Živá symbolika

12.4.1 Význam živé symboliky

Co nám tato paměťově náročná funkce umožní? Jistě jste si už všimli, že všechny předchozí symbolické procesy mají dost podstatnou nevýhodu: Po změně výchozího vztahu se na rozdíl od numerických výpočtů nezmění automaticky výsledek procesu. Kdybychom chtěli znát výsledek symbolické operace na změněném výrazu, museli bychom ji provést celou znovu. Tuto nevýhodu odstraníme, využijeme-li možnosti „živé symboliky“.

Mathcad dokáže sledovat náš dokument, **optimalizovat** si vztahy před jejich numerickým výpočtem, **aktualizovat výsledky** symbolických procesů, pokud něco v dokumentu změním. Navíc můžeme při symbolických procesech používat **vlastní proměnné a funkce** nadefinované výše v dokumentu.

12.4.2 Vyřešit symbolicky

Při symbolických výpočtech nyní použijeme **symbolické rovnítko** , které najdeme pod ikonou . Má obdobný význam jako položka menu **Evaluate, Symbolically** (viz kap. 12.2).

Všimněte si, že v řešených vztazích se mohou použít **vlastní funkce**. Výsledek srovnajte se třetím příkladem na obr. 63:

obr. 79

$$f(x) := \sin(x)$$

$$g(x) := x^5$$

$$\int f(x)^2 + g(x) \, dx \rightarrow \frac{-1}{2} \cdot \cos(x) \cdot \sin(x) + \frac{1}{2} \cdot x + \frac{1}{6} \cdot x^6$$

Ve výsledku symbolického procesu, nejčastěji po integraci, se mohou objevit **neznámé funkce** (viz kap. 12.3):

obr. 80

$$\int \sin(x^2) \, dx \rightarrow \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\pi} \cdot \text{FresnelS} \left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \cdot x \right)$$

Symbolicky můžeme řešit i **soustavu rovnic**. Na rozdíl od numerického řešení (viz kap. 11.2) není samozřejmě třeba uvádět počáteční odhad hledaných proměnných. Ve funkci *Find* opět použijeme symbolické rovnítko:


obr. 81

Given

$$a \cdot x + b \cdot y = c$$

$$d \cdot x + e \cdot y = f$$

$$\text{Find}(x, y) \rightarrow \left[\begin{array}{c} \frac{-1}{(a \cdot e - b \cdot d)} \cdot (b \cdot f - c \cdot e) \\ \frac{(-d \cdot c + f \cdot a)}{(a \cdot e - b \cdot d)} \end{array} \right]$$


Někdy je potřeba provést symbolické **řešení za určitých předpokladů**. K tomu použijeme tlačítko **assume** v sadě pod ikonou . Před symbolickým rovnítkem se navíc objeví klíčové slovo **assume** (předpokládej), za které je možno vypsát několik podmínek oddělených čárkou. Jako podmínku můžeme také použít vztahy **var=real**, tj. vyřešit výraz za předpokladu, že proměnná *var* je reálné číslo, nebo **var=RealRange(a, b)**, tj. vyřešit za předpokladu, že proměnná *var* je reálná a leží v intervalu od *a* do *b*, kde *a* nebo *b* může být i nekonečno (**Ctrl Z**):

obr. 82

$$x \cdot \int_0^{\infty} e^{-\alpha \cdot t} dt \Rightarrow x \cdot \lim_{t \rightarrow \infty} \left[-\frac{1}{\alpha} \cdot \exp(-\alpha \cdot t) + \frac{1}{\alpha} \right]$$

$$x \cdot \int_0^{\infty} e^{-\alpha \cdot t} dt \text{ assume } , \alpha > 0 \rightarrow \frac{x}{\alpha} \quad \begin{array}{l} \text{řešíme za předpokladu,} \\ \text{že } \alpha \text{ je kladné} \end{array}$$

12.4.3 *Další symbolické operace*

Chceme-li na výraz aplikovat jiné symbolické operace než „vyřešit symbolicky“, použijeme odpovídající tlačítka v sadě pod ikonou . K dispozici jsou tlačítka: **float, complex, simplify, expand, factor, collect, coeffs, solve, substitute, series, convert, parfrac, fourier, invfourier, laplace, invlaplace, ztrans, invztrans**. Po stisku těchto tlačítek se před symbolickým rovníkem vždy objeví klíčové slovo (viz obr. 83 až 85). Význam těchto slov je zřejmý a jejich funkce odpovídá příslušným položkám menu **Symbolics** (viz kap. 12.2).

V některých případech je potřeba klíčové slovo doplnit další informací, nejčastěji názvem proměnné, pro kterou má být symbolická operace provedena. Tyto informace se uvádějí za klíčové slovo a jsou oddělené čárkou (viz obr. 83 a 84). Přesná struktura doplňujících informací ke klíčovým slovům je uvedena v přehledu tlačítek na závěr příručky.

Připomínáme, že podstatný rozdíl mezi výpočty v kapitole 12.2 a příklady v kapitole 12.4 je v tom, že při změně výchozích vztahů se výsledky živých symbolických operací aktualizují a Mathcad bere při úpravách v úvahu předchozí definice.

obr. 83

vyřešit na 35 platných číslic:

$$\sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \text{ float, 35} \rightarrow .70710678118654752440084436210484905$$

rozšířit kromě uvedené části vztahu:

$$(x + y)^4 \text{ expand, } x + y \rightarrow (x + y)^4$$

rozšířit celý vztah:

$$(x + y)^4 \text{ expand} \rightarrow x^4 + 4 \cdot x^3 \cdot y + 6 \cdot x^2 \cdot y^2 + 4 \cdot x \cdot y^3 + y^4$$

vyřešit soustavu rovnic pro proměnné x, y (srovnejte s obr. 81):

$$\begin{bmatrix} a \cdot x + b \cdot y = c \\ d \cdot x + e \cdot y = f \end{bmatrix} \text{ solve, } \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} -1 \\ (a \cdot e - b \cdot d) \end{bmatrix} \cdot (b \cdot f - c \cdot e) \quad \begin{bmatrix} (-d \cdot c + f \cdot a) \\ (a \cdot e - b \cdot d) \end{bmatrix}$$

nahradiť proměnnou x výrazem $5y^2 + 1$:

$$z \cdot x + 2x \text{ substitute, } x = 5y^2 + 1 \rightarrow z \cdot (5y^2 + 1) + 10y^2 + 2$$

rozvinout v řadu pro proměnnou y okolo bodu 0 a zanedbat členy se 7. a vyšší mocninou:

$$\ln(y + e) \text{ series, } y, 7 \rightarrow 1 + \frac{y}{e} - \frac{1}{2} \cdot \frac{y^2}{e^2} + \frac{1}{3} \cdot \frac{y^3}{e^3} - \frac{1}{4} \cdot \frac{y^4}{e^4} + \frac{1}{5} \cdot \frac{y^5}{e^5} - \frac{1}{6} \cdot \frac{y^6}{e^6}$$

Klíčové slovo **simplify** je možno doplnit tzv. **modifikátory**, které mírně upraví funkci tohoto příkazu. Jsou to:

- **assume=real**, tj. zjednodušit za předpokladu, že všechny neznámé ve výrazu jsou reálné,
- **assume=RealRange(a,b)**, tj. zjednodušit za předpokladu, že všechny neznámé jsou reálná čísla od a do b ,
- **trig**, tj. zjednodušit pouze trigonometrické vztahy.

Předchozí modifikátory se mohou umístit za klíčové slovo a jsou od něj odděleny čárkou.

12.4.4 *Vícenásobné symbolické úpravy*

Na jednom výrazu můžeme provést několik symbolických operací zároveň. Pokud chceme vidět mezivýsledek, uvedeme následující symbolický operátor až za výsledkem předchozí úpravy. Pokud nás mezivýsledek nezajímá, můžeme stisknout postupně několik tlačítek pro živé symbolické operace (viz kap. 12.4.3) a teprve potom výraz opustit, např. pomocí klávesy **Enter**:

obr. 84

$$\frac{x^2 - 3x - 4}{x - 4} + 2x - 5 \text{ simplify} \rightarrow 3x - 4 \text{ coeffs, x} \rightarrow \begin{bmatrix} -4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$\frac{x^2 - 3x - 4}{x - 4} + 2x - 5 \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{coeffs, x} \end{array} \right. \rightarrow \begin{bmatrix} -4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

12.4.5 *Ignorování předchozí definice*

„Živá symbolika“ respektuje nejen vlastní funkce (viz obr. 79), ale i proměnné nadefinované výše v dokumentu (viz obr. 85).

Pokud byla proměnné přiřazena číselná hodnota, je tato hodnota uvažována i při symbolických operacích. V některých případech potřebujeme, aby Mathcad „zapomněl“ na definici a při symbolické operaci zacházel s dříve nadefinovanou proměnnou jako s neznámou. Jak provedeme, aby definice proměnné byla „zapomenuta“, vidíme na obr. 85. Použijeme tzv. rekurzivní definici proměnné. Toto opatření má vliv na všechny následující symbolické výpočty. Numerické výpočty probíhají beze změny:

obr. 85

$$\begin{aligned} x &:= 2 & y &:= 3 \\ (x + y)^4 \text{ expand} &\rightarrow 625 \\ y &:= y & & \text{(rekurzivní definice proměnné)} \\ (x + y)^4 \text{ expand} &\rightarrow 16 + 32 \cdot y + 24 \cdot y^2 + 8 \cdot y^3 + y^4 \\ x &:= x \\ a &:= (x + y)^4 \text{ expand} \rightarrow x^4 + 4 \cdot x^3 \cdot y + 6 \cdot x^2 \cdot y^2 + 4 \cdot x \cdot y^3 + y^4 & a &= 625 \end{aligned}$$

Mathcad by při symbolických operacích ignoroval i předběžnou definici proměnné s daným rozsahem hodnot (range variable).

12.4.6 *Optimalizace vztahů*

Jedná se o spolupráci symbolického procesoru s numerickým výpočtem. Chceme-li před numerickými výpočty průběžně symbolicky **optimalizovat všechny vztahy** v dokumentu, zaškrtneme položku menu **Math, Optimization**. Pokud se Mathcadu podaří zbytečně složitý vztah optimalizovat, objeví se vedle vztahu červená hvězdička.

Klepeme-li pak dvakrát na tento vztah, můžeme si výsledek optimalizace prohlédnout, příp. tažením myši překopírovat do dokumentu.

Pokud na znění určitého vztahu trváme a nechceme ho optimalizovat, klepneme na něj pravým tlačítkem myši a zrušíme zaškrtnutí položky **Optimize**.

obr. 86

$$r := \ln(e) *$$

$$s := \cos(\pi) + \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) *$$

$$r := \ln(e)$$

zrušeno zaškrtnutí položky menu
Optimize na pravém tlačítku myši

$$t := a + a + b + 2 b *$$

Možností, které se týkají symbolických procesů, je ještě více. Tady bychom však odkázali zájemce na Resource Center (viz kap. 15.1) a na samostatné studium.

13. Programování

(Pouze u verze Mathcad Professional)



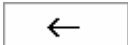
Pokud nám k provedení výpočtu nestačí standardní postupy popsané v předchozích kapitolách nebo vzniká zbytečně nepřehledný a složitý dokument, je možné někdy problém vyřešit pomocí programování. Vestavěný programovací jazyk v Mathcadu je vhodné využít tehdy, obsahuje-li řešení úlohy **rozhodovací stromy** nebo **cykly**, uvnitř kterých probíhají složitější výpočty. S výhodou můžeme programování použít pro **definici vlastních funkcí**.

Prostředky, které integrovaný programovací jazyk nabízí, jsou zdánlivě chudé. K dispozici však máme standardní funkce Mathcadu, takže pomocí vestavěných příkazů můžeme řešit problémy z mnoha oblastí. Možnosti dále rozšiřují symbolické operace, které lze použít v rámci funkcí i programů.

Dostupné příkazy pro programování jsou uvedeny v přehledu na závěr příručky, kde je stručně vysvětlen i jejich význam. Nejlépe vše pochopíme z příkladů v následujících kapitolách.

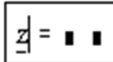
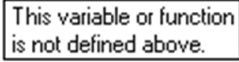
13.1 Vytvoření programu

Program je část matematického dokumentu, ve které definujeme proměnnou nebo funkci. Postup při tvorbě programu si ukážeme na jednoduchém příkladu. Pomocí programovacích nástrojů nadefinujeme funkci $f(x,w) = \log(x/w)$:

- Napíšeme levou stranu rovnice a použijeme běžné přiřazovací rovnítko,
- pomocí tlačítka  z palety programovacích nástrojů pod ikonou  nebo pomocí klávesy **]** vložíme první dva řádky programu,
- do proměnné z vložíme pomocí lokálního (programovacího) rovnítka  nebo klávesy **Shift [** výsledek výrazu x/w ,
- na posledním řádku uvedeme hodnotu, která má být přiřazena do právě definované funkce, tj. $\log(z)$.

Výsledek akce vidíme na obr. 87 vlevo. Pozor! Proměnná z není mimo program definována.

obr. 87

$f(x, w) := \left \begin{array}{l} z \leftarrow \frac{x}{w} \\ \log(z) \end{array} \right.$	$x := 1 \quad w := 10$	
	$f(x, w) = -1$	

13.2 Cykly

Cyklus je **opakovaně prováděná sekvence příkazů**. Pro jeden průchod takovou sekvencí se užívá pojem iterace. Při tvorbě cyklů využijeme příslušná tlačítka v sadě pod ikonou



. Mathcad obsahuje dva typy cyklů.

13.2.1 Cyklus for

Tento cyklus zvolíme, pokud předem **známe počet opakování**. Při každém průchodu se do cyklu vstoupí s novou hodnotou z posloupnosti nebo vektoru na pravé straně příkazu for. Například v cyklu for $I \in 1..4$ nabývá proměnná I postupně hodnot 1, 2, 3 a 4.

Na obr. 88 definujeme funkci *KartSouc* (kartézský součin dvou vektorů). V programu se ve dvou vnořených cyklech postupně vkládají prvky vektoru X a Y do dvojic ve výsledném vektoru P . Pověšimněte si, že při každé iteraci se provedou dva příkazy: Do vektoru P se vloží dvojice hodnot a index *ind* vektoru P se zvýší o jedničku. Vektor P je pak předán jako výsledek funkce.

obr. 88

$$\text{KartSouc}(X, Y) := \left| \begin{array}{l} \text{ind} \leftarrow 0 \\ \text{for } x \in X \\ \quad \text{for } y \in Y \\ \quad \quad \left| \begin{array}{l} P_{\text{ind}} \leftarrow \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \\ \text{ind} \leftarrow \text{ind} + 1 \end{array} \right. \\ \quad \quad P \end{array} \right.$$

$$\text{vysl} := \text{KartSouc} \left(\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 5 \end{bmatrix} \right)$$

$$\text{vysl} = \begin{bmatrix} \{2,1\} \\ \{2,1\} \\ \{2,1\} \\ \{2,1\} \\ \{2,1\} \\ \{2,1\} \end{bmatrix}$$

$$\text{vysl}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \end{bmatrix} \quad \text{vysl}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \end{bmatrix} \quad \text{vysl}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 5 \end{bmatrix}$$

$$\text{vysl}_3 = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \end{bmatrix} \quad \text{vysl}_4 = \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \end{bmatrix} \quad \text{vysl}_5 = \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix}$$

13.2.2 Cyklus while

Příkaz while lze chápat jako „zatímco je splněna podmínka ..., prováděj následující“. Tento cyklus použijeme, pokud **známe podmínku, při které se má provést další iterace**. Výhodný je zejména při hledání výsledků konvergujících postupů. Cyklus končí ve chvíli, kdy zadaná podmínka není splněna, nabude hodnoty 0 (false).

Za příklad nám může posloužit Newtonova metoda hledání druhé odmocniny. Hodnota uložená v proměnné *mnew* postupně konverguje k druhé odmocnině vstupního argumentu *x* funkce *MojeOdm*. Cyklus while končí v okamžiku, kdy rozdíl výstupní hodnoty je po dvou následujících iteracích menší než *eps*. Pokud vložíme do proměnné *eps* nižší hodnotu, dosáhneme větší přesnosti při delším výpočtovém čase a naopak.

obr. 89

```

MojeOdm(x) :=      eps ← 0.01                a := 2
                   r ← x/2                  MojeOdm(a) = 1.414216
                   mnew ← r/2 + x/(2 r)      √a = 1.414214
                   while | mnew - r | > eps
                   |   r ← mnew
                   |   mnew ← r/2 + x/(2 r)
                   mnew

```

Při používání cyklu while je zapotřebí ošetřit případy nekonečných cyklů, kde je uvedena podmínka, která nikdy nenabude hodnoty false. V Mathcadu se taková nekonečná smyčka přerušuje klávesou **Esc**.

13.3 Rozhodovací stromy

Základní myšlenku rozhodovacího stromu lze shrnout do věty: „Jestliže je splněna uvedená podmínka, proved' příkazy v této větvi, pokud není splněna, přejdi do další větve“. **Průchod větví podmíníme pomocí příkazu if případně otherwise**. Použití rozhodovacího stromu si ukážeme na příkladu generování Fibonacciho čísel:

obr. 90

$$\text{Fib}(N) := \begin{cases} 1 & \text{if } N=1 \\ 1 & \text{if } N=2 \\ \text{Fib}(N-1) + \text{Fib}(N-2) & \text{otherwise} \end{cases} \quad N := 1..6 \quad \text{Fib}(N)$$

1
1
2
3
5
8

V případě, že N je rovno 1 nebo 2, je výsledná hodnota 1, jinak (otherwise) je volán výraz $\text{Fib}(N-1) + \text{Fib}(N-2)$. Povšimněte si, že funkce může rekurzivně volat sebe samu. Princip rekurze si vysvětlíme níže na dalším příkladu.

13.4 Rekurze

Rekurze je programovací technika. V podstatě jde o další druh cyklu. Nejjednodušší rekurze nastane v případě, kdy **funkce volá sebe samu**. Výsledná hodnota pak slouží jako vstupní hodnota téže funkce. Složitější rekurze je případ kdy funkce A volá funkci B, která opět volá funkci A.

Jednoduše je možné využít rekurze při výpočtu faktoriálu. Funkce *Fakt* volá sebe samu s číslem n vždy o jednu nižším. V okamžiku, kdy je n rovno nule, již není volána funkce *Fakt*, je přiřazena hodnota 1 a program cyklus ukončí.

obr. 91

$$\text{Fakt}(n) := \begin{cases} 1 & \text{if } n=0 \\ n \cdot \text{Fakt}(n-1) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Fakt}(5) = 120$$

13.5 Ovládání průběhu programu

13.5.1 Break

Příkaz **break ukončí program** při splnění dané podmínky. Pokud je uveden uvnitř cyklu, pak se **ukončí cyklus** a program pokračuje v práci prvním řádkem za ukončeným cyklem. Tento příkaz výhodně využijeme k ošetření chyb a limitních podmínek, kdy při zadání neplatné hodnoty program ukončí práci.

Funkce *DokudNezaporna* na obr. 92 pracuje tak, že bere postupně prvky vektoru v , a pokud je hodnota nezáporné číslo, je zařazeno do výsledného vektoru w . Cyklus skončí

v okamžiku, kdy je prvek vektoru v záporné číslo nebo nula. Zbývající hodnoty vektoru již nejsou zpracovány.

obr. 92

$$\text{DokudNezaporna}(v) := \begin{cases} \text{for } i \in 0.. \text{last}(v) & \\ \quad \left| \begin{array}{l} \text{break if } v_i \leq 0 \\ w_i \leftarrow v_i \end{array} \right. & \\ \text{"zadna hodnota" if } i=0 & \\ w & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$a := \begin{bmatrix} -2 \\ 27 \\ 3 \\ 16 \end{bmatrix} \quad b := \begin{bmatrix} 2 \\ 27 \\ -3 \\ 16 \end{bmatrix}$$

$$\text{DokudNezaporna}(a) = \text{"zadna hodnota"} \quad \text{DokudNezaporna}(b) = \begin{bmatrix} 2 \\ 27 \end{bmatrix}$$

13.5.2 *Continue*

Příkaz `continue` při splnění zadané podmínky **ukončí iteraci cyklu** a program pokračuje v činnosti další iterací.

Na obr. 93 je vynechána část cyklu za příkazem `continue` v případě, že právě zpracovávaný prvek vstupního vektoru v je záporné číslo nebo nula. Na rozdíl od příkladu na obr. 92 se provedou i další iterace. Výsledkem funkce *JenNezaporna* je pak podmnožina vstupního vektoru v obsahující pouze kladné nenulové prvky.

obr. 93

$$\text{JenNezaporna}(v) := \begin{cases} j \leftarrow 0 & \\ \text{for } i \in 0.. \text{last}(v) & \\ \quad \left| \begin{array}{l} \text{continue if } v_i \leq 0 \\ w_j \leftarrow v_i \\ j \leftarrow j + 1 \end{array} \right. & \\ \text{"zadna hodnota" if } j=0 & \\ w & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$c := \begin{bmatrix} -2 \\ -27 \\ -3 \\ -16 \end{bmatrix} \quad b := \begin{bmatrix} 2 \\ 27 \\ -3 \\ 16 \end{bmatrix}$$

$$\text{JenNezaporna}(c) = \text{"zadna hodnota"} \quad \text{JenNezaporna}(b) = \begin{bmatrix} 2 \\ 27 \\ 16 \end{bmatrix}$$

13.5.3 *Return*

Pokud je splněna daná podmínka, příkaz `return` **ukončí program a výsledkem programu je hodnota uvedená v rámci tohoto příkazu**. Např. funkce *JakeCislo* na obr. 94 nám dá podle typu argumentu odpovídající textový řetězec.

obr. 94

```
JakeCislo(i) := | return "nula" if i=0
                | return "zaporne" if i<0
                | return "kladne" if i>0
```

`JakeCislo(0) = "nula"`

`JakeCislo(-10) = "zaporne"`

`JakeCislo(1000) = "kladne"`

13.5.4 *Příkaz on error a funkce error*

Příkaz `on error` využijeme, pokud uvnitř programu dochází při některých parametrech k chybě. Na pravou stranu příkazu vložte funkci, která má být provedena. Na levou stranu vložte **funkci, která má být provedena v případě chyby** ve funkci na pravé straně.

Na obr. 95 vidíme použití příkazu `on error` na posledním řádku programu. Při velkých hodnotách čísla n může být faktoriál v čitateli větší než 10^{307} , což označí Mathcad jako chybu. V tom případě už nemůžeme použít pro výpočet exaktní vztah na pravé straně příkazu `on error`, ale musíme funkci řešit pomocí numerické aproximace na levé straně.

V uvedeném programu na výpočet kombinačních čísel vidíme také **možnost použití řetězcové funkce `error`** při vytváření vlastních, uživatelských chybových hlášení.

Všimněte si definice **sjednocení** podmínek (or) pomocí operátoru `+` na prvních třech řádcích programu za příkazem `if`. Pokud bychom požadovali **průnik** podmínek (and), použili bychom operátor `*`.

obr. 95

$$\text{KombCislo}(n, k) := \begin{cases} \text{error}(\text{"musi byt realna cisla"}) & \text{if } (\text{Im}(n) \neq 0) + (\text{Im}(k) \neq 0) \\ \text{error}(\text{"musi byt kladna cisla"}) & \text{if } (n \leq 0) + (k \leq 0) \\ \text{error}(\text{"musi byt cela cisla"}) & \text{if } (n \neq \text{floor}(n)) + (k \neq \text{floor}(k)) \\ \text{error}(\text{"prvni cislo musi byt vetsi nez druhe"}) & \text{if } n \leq k \\ \prod_{i=1}^k \frac{n-i+1}{i} & \text{on error } \frac{n!}{k! \cdot (n-k)!} \end{cases}$$

$$\text{KombCislo}(180, 105) = 7.488 \cdot 10^{51}$$

$$\text{KombCislo}(2, 38i) =$$

musi byt realna cisla

$$\text{KombCislo}(-2, 6) =$$

musi byt kladna cisla

$$\text{KombCislo}(2.5, 3) =$$

musi byt cela cisla

$$\text{KombCislo}(105, 180) =$$

prvni cislo musi byt vetsi nez druhe

13.6 Symbolické řešení programů

Výsledek programu je možné získat i v symbolické formě. Pozor! Symbolický procesor nezná příkazy `return` a `on error`. Na obr. 96 necháme pomocí symbolického rovnítka vypsát hodnotu funkce *KartSouc* nadefinované v programu na obr. 88.

obr. 96

$$\text{KartSouc} \left[\begin{bmatrix} x1 \\ x2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} y1 \\ y2 \end{bmatrix} \right] \rightarrow \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} x1 \\ y1 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} x1 \\ y2 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} x2 \\ y1 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} x2 \\ y2 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

Další příklady symbolických řešení programů najdete pod položkou menu **Help, Resource Center** v kapitole *The Treasury Guide to Programming*.

14. MathConnex


(Pouze u verze Mathcad Professional)

MathConnex je prostředí pro přehlednou **integraci a propojování aplikací a zdrojů dat**. Umožní vytvořit složitý výpočtový systém a řídit tok dat mezi komponentami tohoto systému. Můžeme propojit Mathcad s dalšími aplikacemi, jako je Excel, MATLAB, Axum, nebo dokumenty jedné aplikace navzájem.

Některé možnosti při práci s daty byly probrány v kapitole 9. Programový modul MathConnex umožňuje vytvářet rozsáhlejší a přitom dobře kontrolovatelné projekty toku dat.

Jedná se o paměťově dosti náročnou záležitost, a proto je doporučováno minimálně 32 MB RAM.

14.1 Popis okna

Pokud klepneme na ikonu , otevře se nové okno modulu MathConnex. MathConnex může být spuštěn i samostatně jako jiné aplikace pod Windows.





Při standardním nastavení vidíme uprostřed na svislé liště **sadu komponent**, které můžeme umísťovat tažením myši na pracovní plochu v pravé části okna. V levé části se pak objevuje přehled použitých komponent pro snadnější orientaci v rozsáhlých projektech.

Význam všech položek menu a tlačítek je uveden v seznamech na závěr příručky.

14.2 Vytváření projektů

Obecný postup při tvorbě projektu toku dat je následující:

- Nejprve **naplánujeme**, z jakých složek se bude systém skládat a jaký bude výstup zpracovaných dat - datový soubor, tabulka hodnot, graf.
- Potřebné **komponenty umístíme tažením myši** nebo pomocí položky menu **Insert** na pracovní plochu. Průvodce nám v některých případech umožní nastavit před vložením základní vlastnosti komponenty - počet vstupů, výstupů, adresy datových souborů, adresy podstatných buněk v Excelu (viz kap. 9.2.3) atd.

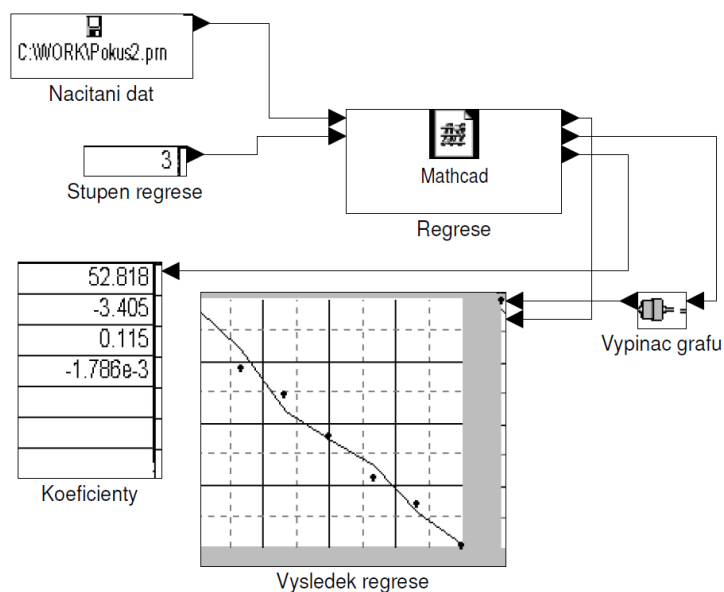
- Pomocí položek menu na pravém tlačítku myši můžeme **upravit vlastnosti komponent** - změníme počet vstupů nebo výstupů, importujeme či exportujeme data, zvolíme název složky, změníme podmínky průchodu dat apod.
- V případě potřeby aktivujeme aplikace dvojitým klepnutím myši a vytvoříme **vztahy mezi vstupujícími a vystupujícími daty** s použitím nástrojů dostupných v dané aplikaci. V některých komponentách (Mathcad, MATLAB) jsou data přivedená do jednotlivých vstupů uložena v proměnných *in0*, *in1* atd. Zpracovaná data, která mají být přesunuta do dalších komponent, je třeba vložit do proměnných *out0*, *out1* atd.
- Tažením myši **propojíme značky výstupů a vstupů** mezi komponentami. Z jednoho výstupu může vést několik propojovacích čar na různá místa. Do každého vstupu však lze přivést data jen jedinou cestou. Zrušit propojení můžeme tak, že konec propojovací čáry odtáhneme myši se stisknutým levým tlačítkem od značky vstupu.¹
- **Zkontrolujeme tok dat** v systému pomocí tlačítek  (start) a  (stop). Ve složitějších projektech je vhodné využít položku menu **Run, Highlight Components** - aktivní komponenta se vždy orámuje zeleně. Pokud uvedeme běžící systém tlačítkem  do režimu Pause a umístíme myši kurzor nad vstupní či výstupní značku, vidíme charakter dat, která daným místem prošla.²
- Po zastavení systému tlačítkem  provedeme potřebné **modifikace** - změníme vlastnosti komponent a jejich propojení, změníme zdroj dat nebo charakter výstupu. Můžeme také změnit standardní vzhled komponenty zobrazovaný na pracovní ploše a nahradit ho např. vlastním obrázkem pomocí položky menu **View, New Object** na pravém tlačítku myši.
- Pro lepší přehlednost je možné doplnit systém vysvětlujícími **texty**. Můžeme rovněž vytvořit **víceúrovňový systém** tak, že označenou část projektu převedeme pomocí položky menu **Collapse** na pravém tlačítku myši na subsystém.
- Hotový projekt můžeme samozřejmě standardním způsobem **uložit** (koncovka **.mxc**), ale je možné uložit i označenou část projektu (modul) pomocí položky menu **Save as Module** na pravém tlačítku myši a použít v jiných projektech.

Vytvořený systém může na pracovní ploše vypadat třeba takto:

¹ Od značky výstupu bychom tímto způsobem vytvořili novou propojovací čáru.



² Pokud se jedná o skalární veličinu, vidíme její hodnotu, pokud se jedná o vektor nebo matici a chceme vidět číselné hodnoty, je nutno klepnout na značku vstupu či výstupu myši.

obr. 89





14.3 Konkrétní příklad

Popíšeme postup při tvorbě projektu na obr. 89:

- Pomocí tlačítka  spustíme MathConnex.
- Z prostřední svislé lišty přetáhneme myši vpravo na prázdnou plochu ikonu  (čtení nebo zápis souborů). Objeví se průvodce, kde vybereme položku: čtení ze zdroje dat (Read from a data source), formát souboru (File Format): Text Files a pomocí tlačítka **Browse** vyhledáme datový soubor. V našem případě datový soubor `Pokus2.prn` vypsany v aplikaci WordPad tvoří dva sloupce čísel oddělených vždy jednou mezerou:

```
2 48
5 35
11 30
15 22
20 14
29 9
33 1
```

Pokud není datový soubor ještě vytvořen, můžeme cestu zadat později pomocí pravého tlačítka myši a položky menu **Choose File**, položka **Properties** umožní vypsat název komponenty (Nacitani dat).

- Přetáhneme myší ikonu  (vstup). Pomocí položky menu **Properties** na pravém tlačítku myši vypíšeme název (Stupen regrese) a změníme zobrazovaný počet desetinných míst (Displayed Precision) na 0. Potom dvakrát klepneme na komponentu, abychom mohli do tabulky zadat požadovanou číselnou hodnotu.
- Dále přetáhneme na pracovní plochu ikonu  (Mathcad). V průvodci vybereme: vytvořit prázdný dokument (Create an empty Mathcad worksheet) a zaškrtneme položku: zobrazit jako ikonu (Display as Icon). Potom zvolíme dva vstupy a tři výstupy. Po umístění objektu na plochu můžeme dvojím klepnutím myší Mathcad aktivovat a vytvořit vztahy mezi proměnnými na vstupu ($in0$, $in1$) a proměnnými na výstupu ($out0$, $out1$, $out2$). Dokument může vypadat například takto:

```

in0 := csort(in0, 0)

v_x := in0<0>      v_y := in0<1>

koef := regress(v_x, v_y, in1)

out2 := submatrix(koef, 3, 3 + in1, 0, 0)




out1 := v_y

i := 0..last(v_x)



out0_i := \sum_{k=0}^{in1} out2_k \cdot [v_x]_i^k

```

Obdobným způsobem jako u předchozích objektů vypíšeme název komponenty (Regrese).

- Na pracovní plochu přetáhneme ikonu  (přerušovač spojení). Na pravém tlačítku myši zvolíme položku menu **Flip Port Direction**, abychom otočili směr portů, a nakonec zase zadáme název komponenty (Vypinac grafu).
- Zbylé dvě komponenty slouží k prohlížení výsledků. Na volná místa pracovní plochy přetáhneme nejprve ikonu  (graf) a potom ikonu  (tabulka hodnot). U obou otočíme jako u předchozího objektu směr portů pomocí položky menu **Flip Port Direction**.
- U grafu pomocí položky menu **Properties** na pravém tlačítku myši zvolíme kromě názvu (Vysledek regrese) ještě další vlastnosti, především na straně Plot v části Style settings nastavíme, zda mají být zobrazovány pouze body (pro *Input 0*) nebo křivka (pro *Input 1*).
- U tabulky zvětšíme počet zobrazovaných řádek tak, že na objekt dvakrát klepneme myší a potom roztáhneme za úchytky. Pomocí položky menu

Properties zvolíme název složky (Koefficienty), ale i počet zobrazovaných desetinných míst (Displayed Precision): 3 a mez zobrazení pomocí exponentů (Exponential Threshold): 3.

- Tažením myši uspořádáme objekty přehledně na pracovní ploše.
- Potom umístíme myší kurzor na některou značku výstupu (změní se na ruku s tužkou) a tažením myši propojíme s následujícím vstupem. Tlačítko myši pustíme, až se změní myší kurzor opět na ruku s tužkou. Tímto způsobem vytvoříme všechna propojení.
- Stiskneme tlačítko  (start) na vodorovné liště a zkontrolujeme, zda systém pracuje stejně jako na obrázku 89. Pro kontrolu toku dat můžeme použít prostředky popsané v kapitole 14.2.
- Případné úpravy můžeme provádět až po stisku tlačítka  (stop).


Další **příklady hotových projektů** najdete v adresáři samples.

15. Elektronické příručky

Elektronické příručky v Mathcadu jsou obdobou technických příruček a skript. Obsahují již hotová dílčí řešení i detailní postupy pro mnoho oblastí vědy a techniky.

Jejich výhody oproti klasickým knihám a příručkám jsou v tom, že jsou na disku počítače a jsou integrovány do Mathcadu. Zjistíme, nejen jak se řeší daný problém, ale i jak ho lze řešit v Mathcadu. Příručky mají hypertextovou podobu. Snadné je vyhledávání potřebných vztahů, vzorce a postupy není třeba přepisovat, můžeme je pouhým tažením myši zkopírovat do právě zpracovávaného matematického dokumentu.

15.1 Práce s příručkami

Po instalaci Mathcadu má každý uživatel přístup ke **standardní příručce** - Mathcad Resource Center. Příručku otevřeme, když klepneme na ikonu , nebo zvolíme položku menu **Help, Resource Center**. Jsou zde obsaženy výukové části (Overview, Tutorial, Practical Statistics), stovky přehledně uspořádaných příkladů použití Mathcadu při nejrůznějších výpočtech a prostory pro vlastní postupy řešení (QuickSheets), základní konstanty, vztahy pro geometrii, fyziku, strojírenství, elektrotechniku apod. (Reference Tables), ukázky z jiných příruček (The Treasury Guide to Solving, The Treasury Guide to Programming - Mathcad Professional) a pokud máte přístup na Internet, můžete otevřít i stále narůstající knihovnu souborů a příruček na serveru firmy MathSoft (Web Library).

K Mathcadu je možno zakoupit desítky dalších elektronických příruček (viz kap. 15.2). Doinstalované příručky otevřeme, když zvolíme položku menu **Help, Open Book**. Objeví se obdobné okno jako při otvírání jiných souborů. Pokud máme nainstalováno více příruček (koncovka **.hbk**), můžeme si zde vybrat, kterou otevřeme. Příručku můžeme zavřít stejně jako ostatní dokumenty.

Po otevření elektronické příručky se objeví lišta s novými tlačítky, jejichž význam je následující:



První strana.









Návrat k naposledy prohlížené straně.




Zrušení posledního návratu.



Nalistovat předchozí kapitolu, oddíl.

-  Nalistovat následující kapitolu, oddíl.
-  Seznam naposledy prohlížených stran.
-  Vyhledání určitého pojmu v příručce.
-  Kopírování označené oblasti do clipboardu.
-  Tisk aktuálního oddílu příručky.
-  Uložení aktuálního oddílu příručky.

V některých elektronických příručkách se objevují ještě další speciální tlačítka. Např. v Resource Center , tj. přidat nástrojovou lištu s tlačítky pro připojení na Internet.

Po vyhledání správné strany příručky můžeme vzorce nebo obrázky kopírovat do vytvářeného dokumentu.

Můžeme provádět i různé **změny příručky** podle vlastních představ. V souvislosti s tím jsou důležité položky menu na pravém tlačítku myši. Jejich význam je následující:

Annotate Book - umožnit doplnění poznámek do příručky,

Save Section - uložit upravený oddíl příručky,

Save All Changes - uložit všechny úpravy,

View Original Section - zobrazení původního vzhledu oddílu,

View Edited Section - zobrazit upravený oddíl,

Restore Section - uvést oddíl do původního stavu,

Restore All - uvést příručku do původního stavu,

Highlight Changes - barevně zvýraznit úpravy.

15.2 Seznam dalších existujících příruček

Dokoupit se dají tyto specializované elektronické příručky:

NÁZEV	OBSAH
Pouze pro Mathcad 7:	
Mathcad 7 Treasury	Průvodce Mathcadem a matematikou
Pro Mathcad 6 i 7:	
Astronomical Formulas	Astronomie
Building Structural Design	Konstrukce budov
Building Thermal Analysis	Tepelná technika pro stavebnictví
Civil Engineering I, II	Stavebnictví (ve dvou dílech)
CRC Chemistry and Physics Selected Tables	Chemické a fyzikální tabulky
CRC Materials Science and Engineering	Tabulky materiálů
Differential Equations	Diferenciální rovnice
Electrical and Electronics Engineering	Elektrotechnika, elektronika
Electrical Power Systems Engineering	Energetika
Finite Element Beginnings	Základy MKP
Chemical Engineering	Chemie
Intro to Differential Equations	Úvod do diferenciálních rovnic
Machine Design and Analysis and Metalworking	Části strojů
Mechanical Engineering I, II	Strojírenství (ve dvou dílech)
Personal Finance Handbook	Osobní finance
Queuing Theory	Teorie front
Real World Maths with Mathcad	Praktická matematika
Roark's Formulas for Stress and Strain on CD	Pružnost a pevnost
Topics in Mathcad: Advanced Maths	Pokročilá matematika
Topics in Mathcad: Differential Equations	Diferenciální rovnice

Topics in Mathcad: Electrical Engineering	Elektrotechnika
Topics in Mathcad: Numerical Methods	Numerické metody
Topics in Mathcad: Statistics	Statistika
Treasury of Statistic, Vol. I: Hypothesis Testing	Statistika, testování hypotéz
Treasury of Statistic, Vol. II: Data Analysis	Statistika, analýza dat
Rozšíření Mathcadu 6 i 7:	
Signal Processing Function Pack	Zpracování signálu
Image Processing Function Pack	Zpracování obrazu


Je možno zakoupit i další samostatné příručky z mnoha oborů, které nevyžadují instalaci Mathcadu.

15.3 Příručka Mathcad 7 Treasury (Pokladnice)

Jak napovídá sám název příručky, jedná se o podrobný (a nutno objektivně přiznat, že i velmi dobře zpracovaný) přehled možností využití Mathcadu 7 při matematických výpočtech. Jsou zde popsány i postupy, kterými Mathcad dané problémy řeší, takže můžeme programu nahlédnout „pod pokličku“. Pokud vás neuspokojila naše příručka, která není a ani nemůže být zdaleka úplná, najdete odpovědi na vaše otázky právě v příručce Mathcad 7 Treasury (samozřejmě v angličtině). Tuto elektronickou příručku je možné dokoupit na CD asi za 5000,- Kč.

Pro zajímavost uvádíme obsah některých kapitol: komplexní čísla, pravděpodobnost, pokročilá analýza dat, transformace, diferenciální rovnice, Besselovy funkce, vlnové funkce, užitečné uživatelské funkce, užitečná grafická zobrazení, aplikace symbolických výpočtů, pokročilé programovací techniky, výpočty v MathConnexu, numerické metody.


16. Několik drobných rad


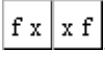
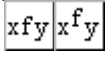

- Dejte **Mathcadu přednost před psaním programů** v Pascalu, C či v jiných programovacích jazycích. Vaše práce bude rychlejší, obecnější a zejména pro ostatní čitelnější. Pokud se ukáže, že výpočet je nutné přepsat do programovacího jazyka, pak s výhodou využijete již odladěných matematických postupů.
- Používejte **přehled položek menu a tlačítek** na závěr příručky, kde jsou uvedeny klávesové zkratky a odkazy na kapitoly, ve kterých podrobněji vysvětlujeme určité položky nebo tlačítka.
- Využívejte při psaní vztahů **kopírování** obdobných částí z jiných vztahů **pomocí myši**. Psaní vztahů se tím výrazně urychlí (blíže viz kap. 7.2).
- Při výpočtech používejte **jednotky**. Mathcad pak bude provádět automatické převody a jednotkovou kontrolu (blíže viz kap. 5).
- Při numerických výpočtech pracuje Mathcad s přesností na 16 platných číslic. Chcete-li si rychle prohlédnout výsledné číslo s touto maximální přesností, stisknete klávesy **Ctrl Shift N**. Číslo se objeví na řádce zpráv dole na stránce.¹ O zobrazování různého počtu desetinných míst píšeme v kap. 4.1. O přesnosti symbolických výpočtů v kap. 12.1 a 12.2.
- Používejte položky menu **Edit, Undo** nebo tlačítko  - odčiní důsledek některých naposledy provedených úprav, **Format, Separate Regions** - oddělí od sebe překrývající se oblasti a **View, Refresh** nebo klávesy **Ctrl R** - vyčistí obrazovku od zbytků vymazaných či přesunutých oblastí.
- Funkce **Copy** a **Paste**, které se v nové verzi Mathcadu objevily i na pravém tlačítku myši, fungují i mezi aplikacemi. Tato příručka byla psána ve Wordu, ale obrázky jsou zkopírovány z Mathcadu. Kopírovat lze i části velkých datových souborů ve formě matic. Při kopírování číselných výsledků se kopírují pouze zobrazená zaokrouhlená čísla bez jednotek.
- Při změně dokumentu se vztahy a grafy automaticky přepočítají a překreslí.² Pokud chcete udělat více změn a neustálé přepočítávání vás zdržuje, vypněte **automatický režim práce** zrušením zaškrtnutí u položky menu **Math, Automatic Calculation**. Tak nastavíte **manuální režim**.³ Vztahy a grafy na obrazovce se

¹ Kurzor se musí nacházet v oblasti výpočtu.

² Standardně je nastaven automatický režim práce - na řádce zpráv vpravo dole na obrazovce vidíte slovo Auto, nebo Wait.

³ Po změně dokumentu jsou výsledky a grafy neaktuální a vpravo dole je psáno Calc F9.

přepočítají a výsledky aktualizují pouze po stisku klávesy **F9** nebo ikony , v celém dokumentu po klepnutí na položku menu **Math, Calculate Worksheet**. Automatický režim se obnoví, pokud opět zaškrtnete položku menu **Math, Automatic Calculation**.

- Dlouhý matematický vztah je možné přerušit, pokud někde místo operátoru **+** stisknete **Ctrl Enter**.
- Použijete-li mezi dvěma výrazy značky nerovnosti nebo podmínkové rovnítko, můžete snadno **ověřit, zda je podmínka splněna**. Doplňte za vztah rovnítko pro výpis hodnoty, pravdivý vztah má číselnou hodnotu 1, nepravdivý 0 (viz obr. 37). Tímto způsobem lze srovnávat i řetězcové proměnné (viz kap. 4.2.3). Menší je ta, jejíž první znak má nižší ASCII kód.
- Chcete-li umístit do Mathcadu obrázek, použijte položku menu **Insert, Picture** a do připraveného černého čtverečku napište cestu k souboru v uvozovkách (řetězcová proměnná). Obrázek lze také překopírovat pomocí clipboardu.
- Využívejte elektronickou příručku pod položkou menu **Help, Resource Center** nebo ikonou , především kapitolu QuickSheets, která obsahuje „stavební kameny“ složitějších dokumentů. Jsou zde přehledně uspořádány **příklady nejrůznějších výpočtů** v Mathcadu, jejichž části můžete přímo myší přesouvat do svého dokumentu. Můžete si vytvořit i osobní, často užívané postupy řešení a umístit je do Personal QuickSheets.
- V položce menu **Help, Resource Center** jsou i **elektronické tabulky** (kapitola Reference Tables), kde najdete fyzikální konstanty, matematické vzorce, vlastnosti látek a další užitečné věci, které můžete rychle tažením myši přenést do dokumentu. Doporučujeme k samostatnému prozkoumání. Elektronické příručky z různých oblastí se dají dokoupit (viz kap. 15.2).
- V Mathcadu Professional lze nadefinovat vlastní, **uživatelské operátory**, které budou provádět předepsané operace. Postup při definici operátoru je shodný s postupem při definici vlastní funkce (viz kap. 10.1.2). Operátory mohou mít jeden, resp. dva argumenty. Při jejich aplikaci využijete tlačítka , resp.  pod ikonou , na kterých **x**, resp. **y** symbolizuje operand a **f** nadefinovaný operátor.
- Chcete-li prozkoumat a využít další funkce Mathcadu, najdete vodítko v nápovědě (**Help**). Pokud jste nenašli řešení svého problému, najdete ho s velkou pravděpodobností v příručce **Mathcad 7 Treasury** (viz kap. 15.3), kterou doporučujeme zájemcům o Mathcad dokoupit.

17. Nejčastější chyby

- Překrývající se oblasti - části vztahů nejsou vidět, nebo se nějaký vztah dokonce ukrývá pod jiným vztahem. Použijte položku menu **Format, Separate Regions** a případně klávesy **Ctrl R** (Refresh).
- Výraz se skládá ze dvou oblastí, ale na obrazovce vypadá jako jeden souvislý vztah. Můžete zkontrolovat tak, že klepnete do vztahu myši - musí být celý v rámečku.
- Je použito špatné rovnítko. Použití různých typů rovniček je vysvětleno v kap. 4.2.2, kap. 11.2, kap. 12.2, kap. 12.4.2. a kap. 13.
- Proměnná, kterou použijete ve vzorci, je definována až za tímto vzorcem, resp. není definována vůbec (zabarví se červeně). V takovém případě přesuňte vzorec o něco níže, nebo použijte tlačítka pro zarovnávání (viz kap. 7.2), resp. je nutno označené proměnné nad vzorcem dodefinovat.
- Stejně proměnné v různých vztazích mají různý, třeba i velmi nepatrně odlišný tvar (např. F a F s tečkou). Nebo mohou dokonce vypadat shodně, pouze mají jiný (stejně definovaný) styl. Mathcad je potom považuje za různé proměnné.
- V čísle je použita místo desetinné tečky čárka.
- Při psaní komplexních čísel byl mezi číslem a imaginární jednotkou i nebo j použit symbol pro násobení. Mathcad pak místo imaginární jednotky předpokládá proměnnou s názvem i .
- Jako proměnná je použita značka jednotky, například m (metr), Ω (Ohm) apod. Mathcad pak většinou hlásí chybu: *The units in this expression do not match.* Rovněž není vhodné si předefinovat již známé konstanty e , g , π (viz kap. 5.2).
- Funkce nemá argument v závorce. Mathcad tuto funkci neprovede a výraz považuje za novou proměnnou.
- Index je vytvořen pomocí tečky a myslíte si, že pracujete s vektorem. Mathcad pak pravděpodobně nahlásí chybu: *This value must be a vector*, nebo naopak použijete vektorový index x_n a s proměnnou pracujete jako se skalárem, což vyústí v chybu: *You are trying to use an array or range as a scalar.*
- Je použita nedovolená matematická operace - dělení nulou atd. Mathcad hlásí: *Found a singularity while evaluating this expression. You may be dividing by*

zero. Stejná chyba však může nastat i v jiných případech. Například při chybném zadání soustavy rovnic.

- Při symbolických výpočtech není patřičná část vztahu označena editovacím kurzorem. Blíže viz kap. 12.2.

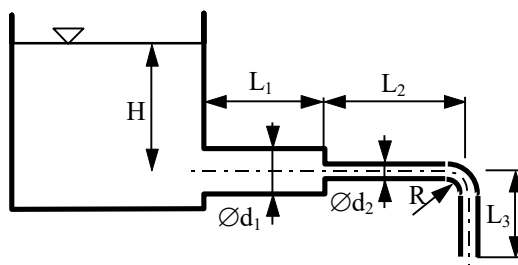
Výhodou Mathcadu je, že zná mnoho různých **chybových hlášení**. Zobrazí se, když klepneme myší na chybný (červený) výraz. Upozorní nás na provedené chyby. Význam chybového hlášení si můžeme navíc nechat podrobně popsat pomocí kontextové nápovědy (stisknout **F1**).

18. Příklady k procvičení

18.1 Proudění kapaliny v potrubí

První ukázka je typický dokument v Mathcadu. Výpočtové vztahy se většinou píšou na pravou stranu dokumentu (mimo obrazovku), zadání a výsledky bývají vlevo (na viditelné ploše). Výpočet je přehlednější a **vztahy můžeme dobře kontrolovat**.

V tomto příkladu se vyplní v úvodní části vstupní údaje: charakteristiky potrubí, vlastnosti kapaliny atd. Na konci dokumentu se pak podle uvedených vzorců určí poloha hladiny a tlaky v daných místech.



Výpočet polohy hladiny v nádrži a tlaku v daných průřezech potrubí

dané hodnoty:

$L_1 := 150 \text{ m}$	$L_2 := 200 \text{ m}$	$L_3 := 3 \text{ m}$	délky potrubí
$d_1 := 10 \text{ cm}$	$d_2 := 8 \text{ cm}$		průměry
$R := 10 \text{ cm}$			poloměr zakřivení kolena
$k := 0.5 \text{ mm}$			střední drsnost potrubí
$\zeta_v := 0.5$	$\zeta_z := \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \right]$	$\zeta_k := 0.131 + 0.16 \left(\frac{d_2}{R} \right)^{3.5}$	koefficienty místních ztrát
$\rho := 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\nu := 1.01 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$		vlastnosti kapaliny
$Q_v := 0.005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$			požadovaný průtok
$p_a := 98000 \text{ Pa}$			atmosférický tlak

$$i := 1..2 \quad S_i := \frac{\pi (d_i)^2}{4} \quad c_i := \frac{Q_v}{S_i}$$

$$\text{Re}_i := \frac{c_i \cdot d_i}{\nu} \quad k_{r_i} := \frac{k}{d_i}$$

$$\lambda_i := \text{if} \left[\text{Re}_i \leq 2300, \frac{64}{\text{Re}_i}, \text{if} \left[\text{Re}_i \geq \frac{500}{k_{r_i}}, \left(1.14 - 2 \log(k_{r_i}) \right)^{-2}, \left[-2 \log \left[0.27 k_{r_i} + \left(\frac{6.81}{\text{Re}_i} \right)^{0.9} \right] \right]^{-2} \right] \right]$$

výška kapaliny v nádrži:

$$H = 2.403 \cdot \text{m}$$

$$H := \left[\frac{(c_1)^2}{2g} \left(\zeta_v + \lambda_1 \frac{L_1}{d_1} \right) + \frac{(c_2)^2}{2g} \left(1 + \zeta_z + \zeta_k + \lambda_2 \frac{L_2 + L_3}{d_2} \right) \right] - L_3$$

tlak na vstupu do potrubí:

$$p_v = 121211 \cdot \text{Pa}$$

$$p_v := p_a + \rho \cdot g \cdot H - \rho \cdot \frac{(c_1)^2}{2} (1 + \zeta_v)$$

tlak v koleně:

$$p_k = 69265 \cdot \text{Pa}$$

$$p_k := p_a - \rho \cdot g \cdot L_3 + \lambda_2 \frac{L_3}{d_2} \cdot \rho \cdot \frac{(c_2)^2}{2}$$

Místo použité funkce *if* by se dal vytvořit jednoduchý program, ale ve verzi Mathcad Standard nejsou dostupné programovací nástroje, takže je nutné některé problémy řešit pomocí vestavěných funkcí.¹

18.2 Vynucené tlumené kmitání

Druhá ukázka slouží k výuce mechaniky. Na jedné obrazovce můžeme díky využití globálního rovnítka zároveň zadávat různé parametry kmitání i sledovat graf závislosti výchylky na čase.

Vynucené podkriticky tlumené kmity

budící síla:

volíme ve tvaru $F_b = F_0 \sin(\omega t + \phi_p)$:

$$F_0 := 500 \text{ N}$$

amplituda budící síly

$$\omega := 20 \text{ s}^{-1}$$

kruhová frekvence

$$\phi_p := 0 \text{ deg}$$

fázový posun

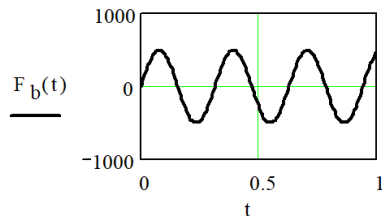
$$F_b(t) := F_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi_p) \quad \text{budící síla v závislosti na čase}$$

$$t := 0, 0.005 \dots 1 \text{ s}$$

zkoumaný časový interval

¹ Upozorňujeme také na možnost použití funkce *until*, např. pro ukončení iterací (viz přehled vestavěných funkcí na závěr příručky).

grafické znázornění funkce F_b v závislosti na čase:



pomocné vztahy:

vlastní kruhová frekvence
netlumeného kmitání

$$\omega_o := \sqrt{\frac{k}{hm}}$$

pomocná konstanta

$$n := \frac{b}{2hm}$$

vlastní kruhová "frekvence"
tlumeného kmitání

$$\Omega := \sqrt{|\omega_o^2 - n^2|}$$

poměrný útlum

$$\delta := \frac{n}{\omega_o}$$

činitel naladění

$$\eta := \frac{\omega}{\omega_o}$$

$$\gamma := \phi_p - \operatorname{atan}\left(\frac{2 \cdot n \cdot \omega}{\omega_o^2 - \omega^2}\right)$$

$$H := \frac{F_o}{hm} \cdot \left[\sqrt{(\omega_o^2 - \omega^2)^2 + (2n\omega)^2} \right]^{-1}$$

integrační konstanty:

$$G := \sqrt{\left(x_o - H \cdot \sin(\gamma)\right)^2 + \left[\frac{v_o}{\omega_o} - H \cdot \eta \cdot \cos(\gamma) + \delta \cdot (x_o - H \cdot \sin(\gamma))\right]^2} \cdot \frac{1}{1 - \delta^2}$$

(znaménkové záležitosti)

$$G := \text{if} \left[\frac{v_o}{\omega_o} - H \cdot \eta \cdot \cos(\gamma) + \delta \cdot (x_o - H \cdot \sin(\gamma)) \geq 0, G, -G \right]$$

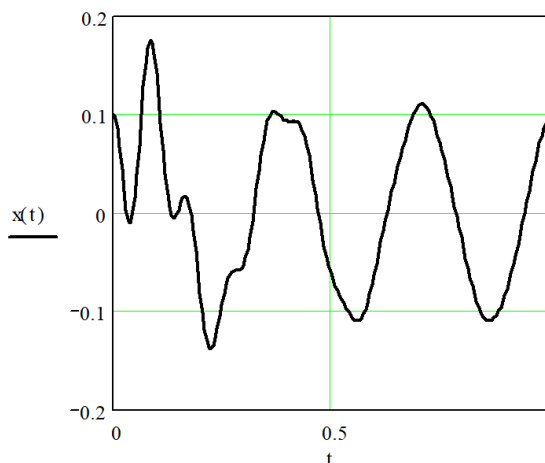
$$\kappa := \operatorname{asin}\left[\frac{(x_o - H \cdot \sin(\gamma))}{G}\right]$$

závislost výchylky na čase:

$$x(t) := \exp(-n \cdot t) \cdot G \cdot \sin(\Omega \cdot t + \kappa) + H \cdot \sin(\omega \cdot t + \gamma)$$

vykreslení grafu $x(t)$:

$m \equiv 1 \text{ kg}$	zvolená hmotnost kmitajícího bodu
$k \equiv 5000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$	tuhost náhradní pružiny
$b \equiv 10 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}}$	konstanta úměrnosti náhradního tlumiče
$x_0 \equiv 0.1 \text{ m}$	počáteční výchylka
$v_0 \equiv 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	počáteční rychlost

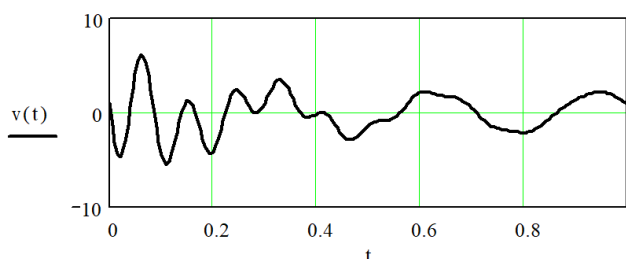


vypsání hodnoty funkce pro zvolený čas: $x(0 \text{ s}) = 0.1 \cdot \text{m}$

závislost rychlosti na čase:

$$v(t) := (-n \cdot \exp(-n \cdot t) \cdot G \cdot \sin(\Omega \cdot t + \kappa) + \exp(-n \cdot t) \cdot G \cdot \cos(\Omega \cdot t + \kappa) \cdot \Omega) + H \cdot \cos(\omega \cdot t + \gamma) \cdot \omega$$

vykreslení grafu $v(t)$:



18.3 Vzpěr

Ve třetí ukázce uvádíme příklad řešení úlohy z pružnosti a pevnosti. Využíváme zde možnosti programování v Mathcadu.

Návrh průměru prutu kruhového průřezu namáhaného vzpěrem

zadané hodnoty :

$$l := 1.5 \text{ m}$$

délka prutu

$$F := 160 \text{ kN}$$

osová síla

$$\mu := 1$$

charakteristika uložení prutu

definice jednotek:

$$\text{kN} := 1000 \text{ N}$$

$$\text{MPa} := 10^6 \text{ Pa}$$

materiálové konst. (ocel 11 370) :

$$E := 2.1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

modul pružnosti v tahu

$$\sigma_{\text{dovd}} := 120 \text{ MPa}$$

dovolené napětí v tlaku

$\lambda_m := 110$	hranice mezi Eulerovým a Tetmayerovým vzpěrem
$\lambda_d := 60$	hranice mezi Tetmayerovým vzpěrem a prostým tlakem
$a := 269 \text{ MPa}$	konstanty pro Tetmayerovu oblast vzpěru
$b := 0.89 \text{ MPa}$	

koeficienty bezpečnosti:

$k_1 := 4.5$ pro Eulerův (pružný) vzpěr

Pro Tetmayerův (nepružný) vzpěr budeme brát hodnotu proměnnou (podle štíhlosti) mezi 1.8 až 4.

návrh průměru pomocí Eulerova vztahu pro oblast pružného vzpěru:

$$J_{\min} := (\mu \cdot l)^2 \cdot F \cdot \frac{k_1}{E \cdot \pi^2}$$

$$d_E := \sqrt[4]{\frac{64 \cdot J_{\min}}{\pi}}$$

$$S_E := \frac{\pi \cdot d_E^2}{4}$$

$$i_{\min} := \sqrt{\frac{J_{\min}}{S_E}}$$

$$\lambda_E := \mu \cdot \frac{l}{i_{\min}}$$

$\lambda_E = 94.983$ $\lambda_m = 110$ vypočtená a mezní štíhlost

$d_E = 63.169 \text{ mm}$ hledaný průměr, pokud je splněna podmínka pružného vzpěru $\lambda_E > \lambda_m$

návrh průměru pomocí vztahů platných v oblasti prostého tlaku:

$$S_D := \frac{F}{\sigma_{\text{dovd}}}$$

$$d_D := \sqrt{\frac{4 \cdot S_D}{\pi}}$$

$$J_D := \pi \cdot \frac{(d_D)^4}{64}$$

$$i_D := \sqrt{\frac{J_D}{S_D}}$$

$$\lambda_D := \mu \cdot \frac{l}{i_D}$$

$$\lambda_D = 145.622 \quad \lambda_d = 60$$

$$d_D = 41.203 \text{ mm}$$

vypočtená a mezní štíhlost

hledaný průměr, pokud je splněna podmínka
prostého tlaku $\lambda_D < \lambda_d$

návrh průřezu pomocí Tetmayerova vztahu pro oblast nepružného vzpěru:

výpočet provádíme pomocí iterací:	$S_T :=$	$j \leftarrow 1$
průměr prutu v první iteraci		$d_j \leftarrow d_D$
koefficient bezpečnosti v první iteraci		$k_{v_j} \leftarrow 0$
konečná hodnota		$k_2 \leftarrow 1.8$
koefficientu bezpečnosti		$\text{while } k_{v_j} < k_2$
podmínka, kdy bude probíhat cyklus		$J_j \leftarrow \pi \cdot \frac{(d_j)^4}{64}$
		$S_j \leftarrow \pi \cdot \frac{(d_j)^2}{4}$
cyklus iterací		$i_j \leftarrow \sqrt{\frac{J_j}{S_j}}$
		$\lambda_j \leftarrow \mu \cdot \frac{1}{i_j}$
		$k_{v_{j+1}} \leftarrow S_j \cdot \frac{a - b \cdot \lambda_j}{F}$
koefficient bezpečnosti v j+1 iteraci		$k_2 \leftarrow \begin{cases} 3 & \text{if } \lambda_j > 80 \\ 4.5 & \text{if } \lambda_j > 100 \end{cases}$
konečné hodnoty k. bezp. pro vyšší štíhlosti		$d_{j+1} \leftarrow d_j + 1 \cdot 10^{-5}$
průměr prutu v j+1 iteraci (větší o setinu mm)		$j \leftarrow j + 1$
přechod na další iteraci		$\frac{\pi \cdot (d_j)^2}{4} m^2$
průřez v poslední iteraci (podmínka cyklu už není splněna - dosáhli jsme konečné hodnoty koefficientu bezpečnosti)		

určení skutečné hodnoty průřezu prutu
a typu použitých vztahů:

$$S = 2.829 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$S := \begin{cases} S_D & \text{if } \lambda_D < \lambda_d \\ S_E & \text{if } \lambda_E > \lambda_m \\ S_T & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{TYP} := \begin{cases} \text{"prostý tlak"} & \text{if } \lambda_D < \lambda_d \\ \text{"Eulerův vzpěr"} & \text{if } \lambda_E > \lambda_m \\ \text{"Tetmayerův vzpěr"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

výpočet průměru a štíhlosti navrženého průřezu:

$$d := \sqrt{4 \cdot \frac{S}{\pi}}$$

$$J := \pi \cdot \frac{(d)^4}{64}$$

$$i := \sqrt{\frac{J}{S}}$$

$$\lambda_{\text{skut}} := \mu \cdot \frac{1}{i}$$

$$\lambda_{\text{skut}} = 99.979$$

skutečná hodnota štíhlosti prutu

TYP = "Tetmayerův vzpěr"

typ použitých vztahů

$$d = 60.013 \text{ mm}$$

konečný průměr navrženého prutu namáhaného vzpěrem

Seznamy

Položky menu¹

Mnoho položek se standardně vyskytuje i v ostatních programech pod Windows, takže jejich funkce je známá a nebudeme ji rozebírat. U některých položek je naopak odkaz na kapitolu, kde najdete podrobnější informace. Za názvem položky je uvedena **klávesová zkratka**.

File

New	Ctrl N	otevřít nový dokument založený na vybrané šabloně (viz kap. 7.4)
Open	Ctrl O F5	otevřít uložený dokument nebo šablonu
Save	Ctrl S F6	uložit dokument
Save As		uložit šablonu nebo dokument pod novým názvem
Close	Ctrl F4	zavřít dokument nebo šablonu
Collaboratory		konference o Mathcadu na serveru firmy MathSoft na Internetu
Internet Setup		nastavit parametry pro přístup na Internet
Send		odeslat dokument
Page Setup		nastavit vzhled stránky (viz kap. 7.3)
Print Preview		prohlédnout stránky
Print		tisk dokumentu nebo označených oblastí
Exit	Alt F4	zavřít Mathcad
Seznam naposledy uložených dokumentů		

¹ Uvedeny jsou položky menu verze Mathcad Professional, u verze Mathcad Standard a Mathcad Student některé z nich chybí.

Edit

Undo	Alt BkSp	vrátit některé úpravy
Redo		zrušit poslední undo
Cut	Ctrl X F3	přemístit do clipboardu
Copy	Ctrl C F2	kopírovat do clipboardu
Paste	Ctrl V F4	umístit z clipboardu
Paste Special		umístit zvláštním způsobem
Delete	Ctrl D	vymazat označené oblasti (viz kap. 7.2)
Select All		označit všechny oblasti
Find	Ctrl F5	najít skupinu znaků
Replace	Shift F5	najít a zaměnit skupinu znaků
Go to Page		přejít na stránku
Check Spelling		zkontrolovat pravopis (pouze angličtina)
Links		upravit propojení (viz kap. 7.6.3)

View

Math Palette		skrýt/zobrazit sady matematických nástrojů
Toolbar		skrýt/zobrazit nástrojovou lištu
Format Bar		skrýt/zobrazit formátovací lištu
Regions		zvýraznit oblasti
Zoom		měřítko
Refresh	Ctrl R	obnovit vytvořené objekty (viz kap. 3.2)
Animate		vytvořit pohyblivý objekt (viz kap. 10.5)
Playback		prohlédnout uložený pohyblivý objekt

Insert

Graph ⇒		
X-Y Plot	@	vytvořit rovinný graf x-y (viz kap. 10.1.1)
Polar Plot	Ctrl 7	vytvořit polární graf (viz kap. 10.2)
Surface Plot	Ctrl 2	vytvořit prostorovou plochu (viz kap. 10.4)
Contour Plot	Ctrl 5	vytvořit vrstevnicový graf (viz kap. 10.4)
3D Scatter Plot		vytvořit prostorový graf x-y-z (viz kap. 10.4)
3D Bar Chart		vytvořit prostorový sloupcový graf (viz kap. 10.4)
Vector Field Plot		vytvořit graf vektorového pole (viz. kap. 10.3)
Matrix	Ctrl M	vložit nebo upravit vektor či matici (viz kap. 8.3.1)
Function	Ctrl F	vložit vestavěnou funkci (viz kap. 4.1)
Unit	Ctrl U	vložit vestavěnou jednotku (viz kap. 5.2)
Picture	Ctrl T	vložit obrázek (viz kap. 16)
Math Region		umístit matematický vztah do textu (viz kap. 6.3)
Text Region	"	vložit textovou oblast na pozici kurzoru (viz kap. 6.1)
Page Break		začít novou stránku
Hyperlink ⇒		
New		vytvořit vazbu s jiným dokumentem (viz kap. 7.6.1)
Erase		zrušit vazbu
Edit		upravit vazbu
Reference		zpřístupnit proměnné a funkce definované v jiném dokumentu (viz kap. 7.6.2)
Component		vložit komponentu (viz kap. 9)
Object		vložit objekt (viz kap. 7.6.3)

Format

Number	změnit formát zobrazovaných čísel (viz kap. 4.1 a 8.2.3)
Equation	pracovat se styly zobrazení matematických výrazů
Text	zvolit styl označeného textu (viz kap. 6.2)
Paragraph	nastavit vzhled vybrané textové oblasti
Style	pracovat se styly textů (viz kap. 6.2)
Properties	upravit vlastnosti vybrané oblasti (viz kap. 7.2)
Color ⇒	
Background	změnit barvu pozadí
Highlight	změnit barvu zvýrazněných oblastí
Annotation	změnit barvu úprav v elektronických příručkách (viz kap. 15.1)
Use default palette	použít standardní barevnou paletu (256 barev) k zobrazování barevných objektů
Optimize palette	optimalizovat standardní paletu barev
Graph ⇒	
X-Y Plot	změnit formát označeného grafu nebo všech grafů x-y v dokumentu (viz kap. 10.1.3)
Polar Plot	změnit formát označeného grafu nebo všech polárních grafů v dokumentu
3D Plot	změnit charakteristiky označeného prostorového grafu (viz kap. 10.4)
Trace	zobrazit souřadnice vybraného bodu (viz kap. 10.1.3)
Zoom	vytvořit výřez grafu (viz kap. 10.1.3)
Separate Regions	oddělit překrývající se oblasti (viz kap. 3.2)
Align Regions ⇒	
Across	zarovnat označené oblasti vodorovně
Down	zarovnat označené oblasti svisle
Lock Regions ⇒	
Set Lock Area	vložit hranice uzamykatelné části dokumentu (viz kap. 7.5)
Lock Area	uzamknout oblast
Unlock Area	odemknout oblast
Headers/Footers	nastavit vzhled hlavičky a paty dokumentu

Math

Calculate	F9	obnovit výsledky a grafy na obrazovce (viz kap. 16)
Calculate Worksheet		obnovit všechny výsledky v dokumentu
Automatic Calculation		vypnout/zapnout automatický režim výpočtů (viz kap. 16)
Optimization		optimalizovat vztahy před numerickými výpočty (viz kap. 12.4.6)
Options ⇒		
Built-In Variables		nastavit hodnoty vestavěných proměnných (viz kap. 8.2.2 a 11.2.6)
Unit System		vybrat soustavu jednotek pro zobrazování výsledků (viz kap. 5.1)
Dimensions		zvolit jména základních jednotek aktuální soustavy

Symbolics

Podrobné informace o všech položkách jsou v kapitole 12.2.

Evaluate ⇒		
Symbolically	Shift F9	vyřešit symbolicky
Floating Point		vyřešit symbolicky na zvolený počet platných číslic
Complex		vyřešit symbolicky s komplexními čísly
Simplify		zjednodušit označenou část výrazu
Expand		rozvinout výraz
Factor		převést na součin
Collect		uspořádat jako polynom
Polynomial Coefficients		vypsat koeficienty polynomu
Variable ⇒		
Solve		vyřešit pro označenou proměnnou
Substitute		nahradiť proměnnou výrazem z clipboardu
Differentiate		derivovat podle proměnné
Integrate		integrovat podle proměnné
Expand to Series		rozvinout v řadu
Convert to Partial Fraction		upravit na parciální zlomky

Matrix ⇒

Transpose	transponovat matici
Invert	vytvořit inverzní matici
Determinant	symbolicky vypočítat determinant

Transform ⇒

Fourier	provést Fourierovu transformaci
Inverse Fourier	provést inverzi Fourierovy transformace
Laplace	provést Laplaceovu transformaci
Inverse Laplace	provést inverzi Laplaceovy transformace
Z	provést z-transformaci
Inverse Z	provést inverzi z-transformace

Evaluation Style	vybrat formát symbolických výsledků
-------------------------	-------------------------------------

Window

Cascade	uspořádat otevřené dokumenty za sebou
Tile Horizontal	uspořádat otevřené dokumenty pod sebou
Tile Vertical	uspořádat otevřené dokumenty vedle sebe
Arrange Icons	urovnat dokumenty v ikonách

Help





















Mathcad Help	F1	otevřít nápovědu
Resource Center		otevřít příručku (viz kap. 15.1)
Tip of the Day		prohlédnout drobné rady
Open Book		otevřít nainstalované elektronické příručky (viz kap. 15.1)
Using Help		zobrazit instrukce pro použití nápovědy
About Mathcad		zobrazit verzi Mathcadu a další informace

Kontextové položky menu na pravém tlačítku myši nejsou uvedeny. Jejich význam najdete případně v nápovědě.

Přehled tlačítek a klávesových zkratk²










Některá tlačítka se standardně vyskytují i v ostatních programech pod Windows, takže jejich funkce je známá a nebudeme ji rozebírat. U některých tlačítek naopak uvádíme odkaz na kapitolu, kde najdete podrobnější informace. Za obrázkem tlačítka je uvedena **klávesová zkratka**.

Nástrojová lišta

	F7	otevřít nový dokument
	F5 (Ctrl O)	otevřít uložený dokument nebo šablonu (viz kap. 7.4)
	F6 (Ctrl S)	uložit dokument
		vytisknout
		prohlédnout stránky
		zkontrolovat pravopis (pouze angličtina)
	F3 (Ctrl X)	přemístit do clipboardu
	F2 (Ctrl C)	kopírovat do clipboardu
	F4 (Ctrl V)	umístit z clipboardu
	Alt BkSp	vrátit poslední úpravu
		zarovnat oblasti vodorovně
		zarovnat oblasti svisle
		vložit vestavěné funkce (viz kap. 4.1)
	Ctrl U	vložit vestavěné jednotky (viz kap. 5.2)
	F9	obnovit výsledky a grafy na obrazovce (viz kap. 16)
		vytvořit vazbu s jiným dokumentem (viz kap. 7.6.1)
		vložit komponentu (viz kap. 9)
		otevřít MathConnex (viz kap. 14)
		otevřít příručku (viz kap. 15.1)
	F1	otevřít nápovědu













² Uvedena jsou tlačítka verze Mathcad Professional, u verze Mathcad Standard a Mathcad Student některá z nich chybí.

Formátovací lišta

	změnit styl označené proměnné nebo textové oblasti
	změnit font všech proměnných nebo konstant daného stylu nebo vybrané části textu (viz kap. 6.2)
	změnit velikost všech proměnných nebo konstant daného stylu nebo vybrané části textu
	tučně všechny proměnné nebo konstanty daného stylu nebo vybraná část textu
	kurzívou všechny proměnné nebo konstanty daného stylu nebo vybraná část textu
	podtrhnout všechny proměnné nebo konstanty daného stylu nebo vybranou část textu
	text v oblasti zarovnat vlevo
	text v oblasti vystředit
	text v oblasti zarovnat vpravo

Sady nástrojů

sada nástrojů pod ikonou










	!	faktoriál
	i (j)	imaginární jednotka (viz kap. 4.1)
	;	definovat proměnnou s určitým rozsahem hodnot (viz kap. 8.1)
	[index prvku vektoru nebo matice (viz kap. 8.2.1)
		absolutní hodnota
		vložit funkci přirozený logaritmus
		vložit funkci e^x
		převrácená hodnota
	^	mocnina
	Ctrl \	n-tá odmocnina
		vložit funkci dekadický logaritmus
	Ctrl P	Ludolfovo číslo

	'	uzavřít do závorek
		druhá mocnina
	\	druhá odmocnina
		vložit funkci tangens
atd.		vložit čísla
	/	dělení
		vložit funkci kosinus
	*	násobení (viz kap. 2)
		vložit funkci sinus
	+	sčítání
	:	přiřazovací rovnítko (viz kap. 4.2.2)
	.	desetinná tečka
	-	odečítání
	=	rovnítko pro výpis (viz kap. 4.2.2)










sada nástrojů pod ikonou

	Ctrl =	podmínkové rovnítko (viz kap. 4.2.2, 11.2.1 a 12.2)
	Ctrl 3	znaménko nerovná se
	Ctrl .	symbolické rovnítko (viz kap. 12.4.2)
	~	globální rovnítko (viz kap. 4.2.2)
	<	znaménko nerovnosti
	>	znaménko nerovnosti
	Ctrl 9	znaménko nerovnosti
	Ctrl 0	znaménko nerovnosti
		aplikovat vlastní operátor s jedním operandem (viz kap. 16)
		aplikovat vlastní operátor se dvěma operandy (viz kap. 16)













sada nástrojů pod ikonou 

	@	vytvořit rovinný graf x-y (viz kap. 10.1.1)
		zobrazit souřadnice vybraného bodu (viz kap. 10.1.3)
		vytvořit výřez grafu (viz kap. 10.1.3)
	Ctrl 7	vytvořit polární graf (viz kap. 10.2)
	Ctrl 2	vytvořit prostorovou plochu (viz kap. 10.4)
	Ctrl 5	vytvořit vrstevnicový graf (viz kap. 10.4)
		vytvořit prostorový sloupcový graf (viz kap. 10.4)
		vytvořit prostorový graf x-y-z (viz kap. 10.4)
		vytvořit graf vektorového pole (viz kap. 10.3)

sada nástrojů pod ikonou 


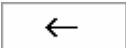
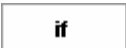



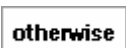
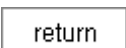
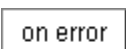
	Ctrl M	vložit nebo upravit vektor či matici (viz kap. 8.3.1)
	 	velikost vektoru, determinant (viz kap. 8.3.2)
	Ctrl -	aplikovat na každý prvek vektoru či matice zvlášť (viz kap. 8.2.5 a 8.3.2)
	*	skalární součin vektorů (viz kap. 8.2.4)
	Ctrl 8	vektorový součin (viz kap. 8.2.4)
	Ctrl 4	sečíst prvky vektoru (viz kap. 8.1.3)
	Ctrl 6	vytvořit vektor z vybraného sloupce matice (viz kap. 8.3.2)
	Ctrl 1	transponovat matici
		vložit obrázek (viz kap. 16)

sada nástrojů pod ikonou


	?	derivace
	Ctrl ?	n-tá derivace
	Ctrl Z	symbol pro nekonečno (při numerickém řešení má hodnotu 1.10^{307})
	&	určitý integrál
	Ctrl Shift4	součet prvků s určitými indexy (viz kap. 8.2.5)
	Ctrl Shift3	součin prvků s určitými indexy
	Ctrl I	neurčitý integrál
	§	sečíst všechny prvky pole s daným indexem (viz kap. 8.3.2)
	#	vynásobit všechny prvky pole s daným indexem
	Ctrl L	limita funkce
	Ctrl A	limita funkce zprava
	Ctrl B	limita funkce zleva

sada nástrojů pod ikonou

Příklady využití programovacích nástrojů jsou uvedeny v kapitole 13.


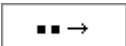
]	vložit první dvě nebo přidat další řádku programu
	Shift [vložit hodnotu do proměnné (přiřazovací rovnítko při programování)
	Shift]	rozhodovací příkaz (podmínka)
		smyčka (cyklus), která probíhá, dokud je splněna uvedená podmínka
		smyčka (cyklus), která proběhne pro všechny prvky dané množiny (od - do)
		ukončit cyklus nebo celý program
		doplňek množiny dané podmínkou if (případ nesplněné podmínky)
		ukončit funkci a přiřadit danou hodnotu
		ošetření chybových stavů

continue	ukončit iteraci v cyklu a pokračovat prvním příkazem následující iterace
----------	--------------------------------------------------------------------------

V další sadě nástrojů pod ikonou  jsou některá řecká písmena (ostatní viz kap. 4.2.1).

sada nástrojů pod ikonou

Všechna tlačítka souvisí se živými symbolickými výpočty. Důležitá je uvedená struktura klíčových slov. Příklady jejich použití jsou v kapitole 12.4.2 až 12.4.4.

	Ctrl .	vyřešit symbolicky
	Ctrl Shift.	symbolické rovnítko s místem pro klíčové slovo
Modifiers		otevřít paletu modifikátorů (viz kap. 12.4.3)
float		klíčové slovo float, $m \rightarrow$ vyřešit symbolicky na m platných číslic
complex		klíčové slovo complex \rightarrow vyřešit symbolicky s komplexními čísly
assume		klíčové slovo assume, constraint \rightarrow vyřešit symbolicky za podmínky constraint (může být uvedeno i více podmínek oddělených čárkou)
solve		klíčové slovo solve, var \rightarrow řešit rovnici pro proměnnou var, nebo řešit soustavu rovnic pro proměnné ve vektoru var
simplify		klíčové slovo simplify \rightarrow zjednodušit celý výraz
substitute		klíčové slovo substitute, $var1=var2 \rightarrow$ nahradit proměnnou nebo výraz var1 výrazem var2 (použijeme podmínkové rovnítko)
factor		klíčové slovo factor, expr \rightarrow převést na součin přes kořeny expr (argument expr je nepovinný)
expand		klíčové slovo expand, expr \rightarrow rozvinout výraz kromě části expr (argument expr je nepovinný)
coeffs		klíčové slovo coeffs, var \rightarrow vypsát koeficienty polynomu proměnné var
collect		klíčové slovo collect, var1, var2,... \rightarrow uspořádat jako polynom podle proměnných, nebo částí výrazu var1, var2 atd.

series	klíčové slovo series, var=z, m → rozvinout výraz pro proměnnou var okolo bodu z, m je stupeň polynomu, který chceme již zanedbat (argumenty z a m jsou nepovinné, pokud je neuvedeme, mají hodnotu z=0 a m=6)
parfrac	klíčové slovo convert, parfrac, var → upravit na parciální zlomky pro proměnnou var
fourier	klíčové slovo fourier, var → provést Fourierovu transformaci s proměnnou var
laplace	klíčové slovo laplace, var → provést Laplaceovu transformaci s proměnnou var
ztrans	klíčové slovo ztrans, var → provést z-transformaci s proměnnou var
invfourier	klíčové slovo invfourier, var → provést inverzi Fourierovy transformace s proměnnou var
invlaplace	klíčové slovo invlaplace, var → provést inverzi Laplaceovy transformace s proměnnou var
invztrans	klíčové slovo invztrans, var → provést inverzi z-transformace s proměnnou var
$M^T \rightarrow$	transponovat matici
$M^{-1} \rightarrow$	vytvořit inverzní matici
$ M \rightarrow$	vypočítat symbolicky determinant

Položky menu a tlačítka MathConnexu³

File

New	začít nový projekt
Open	otevřít uložený projekt
Save	uložit projekt
Save As	uložit projekt pod novým názvem
Print Setup	nastavit vlastnosti před tiskem
Print Preview	zobrazit před tiskem

³ Pouze u verze Mathcad Professional (viz kap. 14).

Print	vytisknout
Send	odeslat aktuální projekt
	seznam naposledy uložených projektů
Exit	zavřít MathConnex

Edit

Undo	vrátit poslední příkaz
Redo	zrušit poslední undo
Cut	přesunout označené objekty do clipboardu
Copy	kopírovat označené objekty do clipboardu
Paste	umístit z clipboardu
Object	aktivovat vložený objekt

View

Toolbar	skrýt/zobrazit nástrojovou lištu
Status Bar	skrýt/zobrazit stavový řádek
Explorer	skrýt/zobrazit přehled použitých komponent
Component Palette 1	skrýt/zobrazit první sadu komponent na svislé liště
Component Palette 2	skrýt/zobrazit druhou sadu komponent na svislé liště
Go Back	přejít ze subsystému na vyšší úroveň
Zoom In	zvětšit měřítko
Zoom Out	zmenšit měřítko
Show Labels	skrýt/zobrazit názvy u vložených komponent

Insert

Component	vložit komponentu do projektu
Object	použít OLE
Scripted Object	otevřít průvodce pro vložení vlastní uživatelské komponenty

Run












Run	spustit systém toku dat
Pause	přerušit tok dat
Step	přesunout data k další komponentě
Stop	zastavit tok dat
Single Step Mode	přepnout mezi postupným nebo souběžným tokem dat v paralelních větvích
Highlight Components	zvýraznit aktivní komponenty







Help

MathConnex Help	otevřít nápovědu
Tip of the Day	zobrazit drobné rady k užívání MathConnexu
About MathConnex	zobrazit verzi MathConnexu a další informace

















Kontextové položky menu na pravém tlačítku myši nejsou uvedeny. Jejich význam najdete případně v nápovědě.

Nástrojová lišta

	otevřít prázdný dokument pro tvorbu nového projektu
	otevřít uložený projekt
	uložit projekt
	vytisknout aktivní projekt
	prohlédnout před tiskem
	přemístit označené objekty do clipboardu
	kopírovat označené objekty do clipboardu
	umístit z clipboardu
	vrátit poslední příkaz
	spustit systém toku dat
	přerušit tok dat

	přesunout data k další komponentě
	zastavit tok dat
	přejít ze subsystému na vyšší úroveň
	zvětšit měřítko
	zmenšit měřítko
	otevřít nápovědu MathConnexu

Lišty komponent

	vložení jedné nebo více hodnot ve formě tabulky
	zobrazení dat ve formě tabulky
	zobrazení dat ve formě grafu
	zpracování dat pomocí uživatelské komponenty
	zpracování dat pomocí programu Mathcad
	zpracování dat v Excelu (musí být nainstalovaný)
	vytvoření grafu pomocí programu Axum (musí být instalovaný)
	zpracování dat v MATLABu (musí být instalovaný)
	zastavení toku dat na vstupu
	přerušování propojovacího vlákna mezi komponentami
	vložení počáteční hodnoty z jednoho vstupu a dalších hodnot z jiných vstupů
	podmínění cesty dat na výstupy
	generování posloupnosti hodnot
	vytvoření textové oblasti pro poznámky, vysvětlivky atd.
	vložení hodnoty přístupné pro všechny komponenty systému
	vložení dat ze (do) souboru

Vestavěné funkce

Následující strany obsahují seznam funkcí podle oblastí a jejich krátký popis. Funkce se značkou "**pro**" se vyskytují pouze u verze Mathcad Professional. Další informace o funkcích a jejich argumentech najdete v nápovědě.

V tomto seznamu značí:

- x, y - reálná čísla,
- z - reálné nebo komplexní číslo,
- m, n, i, j, k - celá čísla,
- S a všechny názvy začínající S - řetězcové proměnné (viz kap. 4.2.3),
- v, u a každé jméno začínající v - vektory,
- A, B - matice nebo vektory,
- M, N - čtvercové matice,
- F - vektor funkcí,
- *cesta* - umístění souboru (řetězcová proměnná).

Význam dalších proměnných je vysvětlen přímo u konkrétních funkcí.

Jestliže je argument či výsledek nějaké funkce úhel a není uvedena jednotka, jedná se o úhel v radiánech. U funkcí, jejichž výsledkem je více hodnot, dostáváme pouze hodnotu základní.

U názvu funkcí rozlišujte malá a velká písmena (kromě funkce *Find*). Na použitém fontu nezáleží.

Goniometrické funkce

$\sin(z)$	sinus
$\cos(z)$	kosinus
$\tan(z)$	tangens
$\cot(z)$	kotangens
$\sec(z)$	sekans
$\csc(z)$	kosekans

Inverzní goniometrické funkce

$\operatorname{asin}(z)$	inverzní sinus
$\operatorname{acos}(z)$	inverzní kosinus
$\operatorname{atan}(z)$	inverzní tangens

Hyperbolické funkce

$\sinh(z)$	hyperbolický sinus
$\cosh(z)$	hyperbolický kosinus
$\tanh(z)$	hyperbolický tangens
$\coth(z)$	hyperbolický kotangens
$\operatorname{sech}(z)$	hyperbolický sekans
$\operatorname{csch}(z)$	hyperbolický kosekans

Inverzní hyperbolické funkce

$\operatorname{asinh}(z)$	inverzní hyperbolický sinus
$\operatorname{acosh}(z)$	inverzní hyperbolický kosinus
$\operatorname{atanh}(z)$	inverzní hyperbolický tangens

Exponenciální a logaritmické funkce

$\exp(z)$	e^z
$\log(z)$	logaritmus se základem 10 čísla z (dekadický logaritmus)

$\ln(z)$ logaritmus se základem e čísla z (přirozený logaritmus)

Funkce pro řešení rovnic

$root(f(z), z)$ hodnota z , kdy je funkce $f(z)$ nulová
 $polyroots(v)$ vektor kořenů polynomu n -tého stupně, jehož $n+1$ koeficientů je uvedeno ve vektoru v
 $lsolve(M, vp)$ **pro** řešení soustavy lineárních rovnic
 $Find(z1, z2, ...)$ řešení soustavy rovnic pro neznámé $z1, z2, ...$
 $Minerr(z1, z2, ...)$ přibližné řešení soustavy rovnic

Vektorové a maticové funkce

$matrix(m, n, f)$ matice, ve které prvek i, j odpovídá funkci $f(i, j)$, kde $i = 0 .. m-1$ a $j = 0 .. n-1$
 $augment(A, B)$ pole, které vzniklo spojením polí A, B o stejném počtu řádek (vedle sebe)
 $stack(A, B)$ pole, které vzniklo spojením polí A, B o stejném počtu sloupců (nad sebou)
 $submatrix(A, ir, jr, ic, jc)$ submatice, která vznikla z řádků ir až jr a sloupců ic až jc matice A

 $cols(A)$ počet sloupců matice A
 $rows(A)$ počet řádků matice A
 $length(v)$ počet prvků vektoru v
 $last(v)$ index posledního prvku vektoru v
 $max(A)$ největší prvek matice A
 $min(A)$ nejmenší prvek matice A

 $identity(n)$ jednotková matice I o rozměru $n \times n$
 $diag(v)$ **pro** diagonální matice obsahující na diagonále prvky vektoru v
 $geninv(A)$ **pro** matice L , která je levou inverzí matice A ($LA = I$)
 $rref(A)$ matice, která má odstupňovaný kanonický tvar (row-reduced echelon form)

$tr(M)$		součet prvků na diagonále čtvercové matice M (stopa)
$rank(A)$		hodnota matice A reálných čísel
$norm1(M)$	pro	norma L_1 matice M
$norm2(M)$	pro	norma L_2 matice M
$norme(M)$	pro	Euklidovská norma matice M
$normi(M)$	pro	norma L_∞ matice M
$cond1(M)$	pro	číslo podmíněnosti matice M založené na normě L_1
$cond2(M)$	pro	číslo podmíněnosti matice M založené na normě L_2
$conde(M)$	pro	číslo podmíněnosti matice M založené na Euklidovské normě
$condi(M)$	pro	číslo podmíněnosti matice M založené na normě L_∞
$eigenvals(M)$		vektor vlastních hodnot matice M
$eigenvec(M, z)$		normovaný vlastní vektor odpovídající vlastní hodnotě z čtvercové matice M
$eigenvecs(M)$	pro	matice obsahující ve sloupcích normované vlastní vektory odpovídající vlastním hodnotám matice M (n -tý sloupec odpovídá n -té vlastní hodnotě)
$genvals(M, N)$	pro	vektor v vlastních hodnot, které vyhovují zobecněné úloze $M x = v_i N x$, když x obsahuje odpovídající vlastní vektory
$genvecs(M, N)$	pro	matice obsahující normované vlastní vektory odpovídající vlastním hodnotám získaným pomocí funkce $genvals$
$cholesky(M)$	pro	dolní trojúhelníková matice L , pro kterou platí $L L^T = M$ (předpokládá symetrickou matici M a používá pouze její horní trojúhelníkovou část)
$qr(A)$	pro	matice, jejíž prvních n sloupců tvoří čtvercová, ortonormální matice Q a ostatní sloupce obsahují horní trojúhelníkovou matici R , platí $A = Q R$
$lu(M)$	pro	matice tvořená třemi čtvercovými maticemi P, L, U , které mají stejný rozměr jako M a odpovídají rovnici $P M = LU$, matice L resp. U jsou dolní resp. horní trojúhelníkové matice

<i>svds(A)</i>	pro	vektor obsahující singulární hodnoty reálné matice A
<i>svd(A)</i>	pro	matice obsahující dvě matice U ($m \times n$), V ($n \times n$) nad sebou takové, že vyhovují rovnici $A = U \text{diag}(s) V^T$, kde s je vektor obsahující prvních n prvků získaných pomocí funkce <i>svds(A)</i>

Funkce pracující se soubory a obrázky

<i>READ("cesta")</i>		hodnoty přečtené z nestrukturovaného datového souboru (čísla oddělená mezerami kombinovanými s tabelátory), výsledkem je skalár (první číslo ze souboru) nebo vektor prvních n hodnot (pokud funkci přiřadíme indexované proměnné, která má n prvků)
<i>READPRN("cesta")</i>		pole hodnot přečtených ze strukturovaného datového souboru (čísla uspořádaná v řádcích a sloupcích oddělených mezerou nebo tabelátorem), výsledkem je vektor nebo matice
<i>READBMP("cesta")</i>		pole hodnot 0 až 255 reprezentující černobílou bitovou mapu obrázku (.bmp)
<i>READ_IMAGE("cesta")</i>	pro	obdoba funkce <i>READBMP</i> , ale můžeme pracovat i s obrázky formátu GIF, JPG a TGA.
<i>READRGB("cesta")</i>		pole hodnot reprezentující tři matice barev (červených, zelených a modrých) odpovídajícího obrázku vedle sebe (ve verzi Mathcad Professional je možné pracovat nejen s obrázky ve formátu BMP, ale i s formáty GIF, JPG a TGA)
<i>READ_RED("cesta")</i>	pro	první třetina hodnot funkce <i>READRGB</i>
<i>READ_GREEN("cesta")</i>	pro	druhá třetina hodnot funkce <i>READRGB</i>
<i>READ_BLUE("cesta")</i>	pro	poslední třetina hodnot funkce <i>READRGB</i>
<i>READ_HLS("cesta")</i>	pro	pole hodnot reprezentující tři matice informací o barvách (odstín, světelnost, sytost) odpovídajícího obrázku vedle sebe
<i>READ_HLS_HUE("cesta")</i>	pro	první třetina hodnot funkce <i>READ_HLS</i>
<i>READ_HLS_LIGHT("cesta")</i>	pro	druhá třetina hodnot funkce <i>READ_HLS</i>
<i>READ_HLS_SAT("cesta")</i>	pro	poslední třetina hodnot funkce <i>READ_HLS</i>

<i>READ_HSV("cesta")</i>	pro	pole hodnot reprezentující tři matice informací o barvách (odstín, sytost, hodnota) odpovídajícího obrázku vedle sebe
<i>READ_HSV_HUE("cesta")</i>	pro	první třetina hodnot funkce <i>READ_HSV</i>
<i>READ_HSV_SAT("cesta")</i>	pro	druhá třetina hodnot funkce <i>READ_HSV</i>
<i>READ_HSV_VALUE("cesta")</i>	pro	poslední třetina hodnot funkce <i>READ_HSV</i>
<i>WRITE("cesta")</i>		zapsat hodnoty s maximální přesností (bez ohledu na formát zobrazení) oddělené mezerami do datového souboru (ignoruje fyzikální jednotky)
<i>WRITEPRN("cesta")</i>		zapsat pole hodnot do datového souboru (obdobně jako u funkce <i>WRITE</i>)
<i>WRITEBMP("cesta")</i>		zapsat pole hodnot do souboru - černobílého obrázku
<i>WRITERGB("cesta")</i>		zapsat pole hodnot (red, green, blue) do souboru - barevného obrázku (.bmp)
<i>WRITE_HLS("cesta")</i>	pro	zapsat pole hodnot (hue, lightness, saturation) do souboru - barevného obrázku (.bmp)
<i>WRITE_HSV("cesta")</i>	pro	zapsat pole hodnot (hue, saturation, value) do souboru - barevného obrázku (.bmp)
<i>APPEND("cesta")</i>		připojit hodnoty do existujícího datového souboru
<i>APPENDPRN("cesta")</i>		připojit pole hodnot do existujícího datového souboru

Třídící funkce

<i>sort(v)</i>	seřadí prvky vektoru <i>v</i> ve vzestupném pořadí
<i>csort(A, n)</i>	seřadí řádky matice <i>A</i> tak, aby hodnoty v <i>n</i> -tém sloupci neklesaly
<i>rsort(A, n)</i>	seřadí sloupce matice <i>A</i> tak, aby hodnoty v <i>n</i> -tém řádku neklesaly
<i>reverse(v)</i>	seřadí prvky vektoru <i>v</i> v obráceném pořadí
<i>reverse(A)</i>	seřadí řádky matice <i>A</i> v obráceném pořadí

Zaokrouhlovací funkce

$\text{floor}(x)$	největší celé číslo menší nebo rovno x
$\text{ceil}(x)$	nejmenší celé číslo větší nebo rovno x

Statistické funkce

$\text{mean}(A)$	aritmetický průměr prvků pole A
$\text{median}(A)$	medián prvků pole A
$\text{var}(A)$	variance prvků pole A o velikosti $m \times n$ podle vztahu:

$$\frac{1}{m \cdot n} \cdot \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (A_{i,j} - \text{mean}(A))^2$$

$\text{stdev}(A)$	směrodatná odchylka prvků pole A (odmocnina z hodnoty $\text{var}(A)$)
$\text{Var}(A)$	variance prvků pole A o velikosti $m \times n$ podle vztahu:

$$\frac{1}{m \cdot n - 1} \cdot \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (A_{i,j} - \text{mean}(A))^2$$

$\text{Stdev}(A)$	směrodatná odchylka prvků pole A (odmocnina z hodnoty $\text{Var}(A)$)
$\text{cvar}(A, B)$	kovariance prvků polí A, B
$\text{corr}(A, B)$	Pearsonův korelační koeficient polí A, B

Distribuční funkce

$\text{hist}(int, A)$	vektor zobrazující počet dat pole A , která padla do intervalů daných vektorem mezí int (histogram)
$\text{rbeta}(m, s_1, s_2)$	vektor m náhodných čísel, ¹ která mají beta rozdělení s tvarovými parametry s_1 a s_2
$\text{dbeta}(x, s_1, s_2)$	pravděpodobnost x při beta rozdělení

¹ Sekvence všech náhodných čísel v Mathcadu se generují na základě hodnoty (seed value for random numbers), kterou můžeme změnit pomocí položky menu **Math, Options** na straně Built-In Variables.

$pbeta(x, s_1, s_2)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při beta rozdělení
$qbeta(p, s_1, s_2)$	inverze funkce $pbeta$ při beta rozdělení
$rbinom(m, n, p)$	vektor m náhodných čísel, která mají binomické rozdělení
$dbinom(k, n, p)$	pravděpodobnost, že náhodná proměnná bude mít hodnotu k při binomickém rozdělení
$pbinom(k, n, p)$	kumulativní hodnota pravděpodobnosti k výskytů jevu v n pokusech při binomickém rozdělení
$qbinom(p, n, q)$	počet výskytů jevu při n pokusech, jestliže jejich pravděpodobnost je p , q je pravděpodobnost tohoto jevu v jednom pokusu
$rnbinom(m, n, p)$	vektor m náhodných čísel, která mají negativní binomické rozdělení
$dnbinom(k, n, p)$	pravděpodobnost, že náhodná proměnná bude mít hodnotu k při negativním binomickém rozdělení
$pnbinom(k, n, p)$	kumulativní hodnota pravděpodobnosti při negativním binomickém rozdělení
$qnbinom(p, n, q)$	inverze negativního binomického rozdělení o velikosti n a pravděpodobnosti nezdaru q
$rcauchy(m, l, s)$	vektor m náhodných čísel, která mají Cauchyho rozdělení
$dcauchy(x, l, s)$	pravděpodobnost x při Cauchyho rozdělení
$pcauchy(x, l, s)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při Cauchyho rozdělení
$qcauchy(p, l, s)$	inverze funkce $pcauchy$ při Cauchyho rozdělení
$rchisq(m, d)$	vektor m náhodných čísel, která mají rozdělení chi-kvadrát a stupeň volnosti d
$dchisq(x, d)$	pravděpodobnost x při rozdělení chi-kvadrát
$pchisq(x, d)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při rozdělení chi-kvadrát
$qchisq(p, d)$	inverze funkce $pchisq$ při rozdělení chi-kvadrát

$rexp(m, r)$	vektor m náhodných čísel, která mají exponenciální rozdělení
$dexp(x, r)$	pravděpodobnost x při exponenciálním rozdělení
$pexp(x, r)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při exp. rozdělení
$qexp(p, r)$	inverze funkce $pexp$ při exp. rozdělení
$rF(m, d_1, d_2)$	vektor m náhodných čísel, která mají F rozdělení a stupně volnosti d_1 a d_2
$dF(x, d_1, d_2)$	pravděpodobnost x při F rozdělení
$pF(x, d_1, d_2)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při F rozdělení
$qF(p, d_1, d_2)$	inverze funkce pF při F rozdělení
$rgamma(m, s)$	vektor m náhodných čísel, která mají gamma rozdělení s tvarovým parametrem s
$dgamma(x, s)$	pravděpodobnost x při gamma rozdělení
$pgamma(x, s)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při gamma rozdělení
$qgamma(p, s)$	inverze funkce $pgamma$ při gamma rozdělení
$rgeom(m, p)$	vektor m náhodných čísel, která mají geometrické rozdělení
$dgeom(k, p)$	pravděpodobnost, že náhodná proměnná bude mít hodnotu k při geometrickém rozdělení
$pgeom(k, p)$	kumulativní hodnota pravděpodobnosti při geometrickém rozdělení
$qgeom(p, q)$	inverze geometrického rozdělení, q je pravděpodobnost výskytu jevu v jednom pokusu
$rlnorm(m, \mu, \sigma)$	vektor m náhodných čísel, která mají logaritmické normální rozdělení, μ je logaritmus průměrné hodnoty a σ logaritmus směrodatné odchylky
$dlnorm(x, \mu, \sigma)$	pravděpodobnost x při log. normálním rozdělení
$plnorm(x, \mu, \sigma)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při logaritmickém normálním rozdělení
$qlnorm(p, \mu, \sigma)$	inverze funkce $plnorm$ při logaritmickém normálním rozdělení

$rlogis(m, l, s)$	vektor m náhodných čísel, která mají logistické rozdělení
$dlogis(x, l, s)$	pravděpodobnost x při logistickém rozdělení
$plogis(x, l, s)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při logistickém rozdělení
$qlogis(p, l, s)$	inverze funkce $plogis$ při logistickém rozdělení
$rnorm(m, \mu, \sigma)$	vektor m náhodných čísel, která mají normální rozdělení, μ je průměrná hodnota a σ směrodatná odchylka
$dnorm(x, \mu, \sigma)$	pravděpodobnost x při normálním rozdělení
$cnorm(x)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při normovaném normálním rozdělení
$pnorm(x, \mu, \sigma)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při normálním rozdělení
$qnorm(p, \mu, \sigma)$	inverze funkce $pnorm$ při normálním rozdělení
$rpois(m, \lambda)$	vektor m náhodných čísel, která mají Poissonovo rozdělení
$dpois(k, \lambda)$	pravděpodobnost, že náhodná proměnná bude mít hodnotu k při Poissonově rozdělení
$ppois(k, \lambda)$	kumulativní hodnota pravděpodobnosti při Poissonově rozdělení
$qpois(p, \lambda)$	inverze Poissonova rozdělení
$rt(m, d)$	vektor m náhodných čísel, která mají Studentovo rozdělení a stupeň volnosti d
$dt(x, d)$	pravděpodobnost x při Studentově rozdělení
$pt(x, d)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při Studentově rozdělení
$qt(p, d)$	inverze funkce pt při Studentově rozdělení
$rnd(x)$	náhodné číslo rovnoměrného rozdělení od 0 do x
$runif(m, a, b)$	vektor m náhodných čísel, která mají rovnoměrné rozdělení na intervalu s koncovými body a, b
$dunif(x, a, b)$	pravděpodobnost x při rovnoměrném rozdělení
$punif(x, a, b)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při rovnoměrném rozdělení

$qunif(p, a, b)$	inverze funkce $punif$ při rovnoměrném rozdělení
$rweibull(m, s)$	vektor m náhodných čísel, která mají Weibullovo rozdělení s tvarovým parametrem s
$dweibull(x, s)$	pravděpodobnost x při Weibullově rozdělení
$pweibull(x, s)$	pravděpodobnost hodnoty menší nebo rovné x (bod součtové křivky) při Weibullově rozdělení
$qweibull(p, s)$	inverze funkce $pweibull$ při Weibullově rozdělení

Interpolační a extrapolační funkce

$linterp(vx, vy, x)$	hodnoty dané lineární interpolací v bodech x
$lspline(vx, vy)$	vektor druhých derivací pro vytvoření spline křivky využívaný funkcí $interp$, lineární okrajové podmínky
$lspline(Mxy, Mz)$	vektor druhých derivací pro vytvoření spline plochy využívaný funkcí $interp$, lineární okrajové podmínky
$pspline(vx, vy)$	vektor druhých derivací pro vytvoření spline křivky využívaný funkcí $interp$, parabolické okrajové podmínky
$pspline(Mxy, Mz)$	vektor druhých derivací pro vytvoření spline plochy využívaný funkcí $interp$, parabolické okrajové podmínky
$cspline(vx, vy)$	vektor druhých derivací pro vytvoření spline křivky využívaný funkcí $interp$, kubické okrajové podmínky
$cspline(Mxy, Mz)$	vektor druhých derivací pro vytvoření spline plochy využívaný funkcí $interp$, kubické okrajové podmínky
$interp(vs, vx, vy, x)$	hodnoty dané kubickou interpolací v bodech x , vs je vektor získaný pomocí funkcí $lspline$, $pspline$ nebo $cspline$
$interp(vs, Mxy, Mz, v)$	hodnoty dané kubickou interpolací v bodech x, y určených vektorem v , vs je vektor získaný pomocí funkcí $lspline$, $pspline$ nebo $cspline$
$predict(v, m, n)$	vektor n předpověděných hodnot založených na m za sebou jdoucích prvcích vektoru v (extrapolace)

Regresní funkce

<i>slope(vx, vy)</i>		sklon regresní přímky
<i>intercept(vx, vy)</i>		posunutí regresní přímky ($y = slope \ x + intercept$)
<i>regress(vx, vy, n)</i>		vektor vyžadovaný funkcí <i>interp</i> k nalezení regresního polynomu n -tého stupně, který nejlépe vyhovuje hodnotám vx, vy
<i>regress(Mxy, vz, n)</i>		vektor vyžadovaný funkcí <i>interp</i> k nalezení regresního polynomu n -tého stupně, který nejlépe vyhovuje hodnotám Mxy, vz (vícenásobná regrese)
<i>loess(vx, vy, span)</i>	pro	vektor vyžadovaný funkcí <i>interp</i> k nalezení regresního polynomu druhého stupně, který nejlépe vyhovuje hodnotám vx, vy v okolí dané hodnotou <i>span</i> (lokální regrese)
<i>loess(Mxy, vz, span)</i>	pro	vektor vyžadovaný funkcí <i>interp</i> k nalezení regresního polynomu druhého stupně, který nejlépe vyhovuje hodnotám Mxy, vz v okolí dané hodnotou <i>span</i> (lokální vícenásobná regrese)
<i>interp(vs, vx, vy, x)</i>		interpolované hodnoty v bodech x , vs je vektor získaný pomocí funkce <i>regress</i> nebo <i>loess</i>
<i>interp(vs, Mxy, vz, v)</i>		interpolované hodnoty v bodech x, y daných vektorem v , vs je vektor získaný pomocí funkce <i>regress</i> nebo <i>loess</i>
<i>linfit(vx, vy, F)</i>		vektor obsahující koeficienty, které použijeme k lineární kombinaci funkcí daných vektorem F
<i>genfit(vx, vy, vg, F)</i>		vektor obsahující parametry a, b, \dots regresní funkce typu $f(x) = f_1(a \ x) + f_2(b \ x) + \dots$

Funkce pro vyhlazení grafů

$medsmooth(vy, n)$		vektor vyhlazených hodnot vy vytvořený pomocí mediánů, n je velikost vyhlazovaného okna
$ksmooth(vx, vy, b)$	pro	vektor vytvořený užitím Gaussova jádra k výpočtu vážených průměrů hodnot vy , b je velikost vyhlazovaného okna
$supsmooth(vx, vy)$	pro	vektor vyhlazených hodnot vy pomocí metody nejmenších čtverců použité ve vyhlazovaném okně, jehož rozměr je vybírán automaticky pro různé části dat

Komplexní funkce

$Re(z)$	reálná část komplexního čísla z
$Im(z)$	imaginární část komplexního čísla z
$arg(z)$	úhel příslušný číslu z v komplexní rovině

Podmínkové a další nespojité funkce

$if(cond, z1, z2)$	hodnota $z1$, pokud je podmínka $cond$ splněna, hodnota $z2$, když není splněna
$until(x, z)$	hodnota z , dokud výraz x , který může obsahovat proměnnou hodnotu, není záporný (použije se např. pro zastavení iterací, když chyba dosáhne malé hodnoty)
$\delta(m, n)$	hodnota 1, pokud $m = n$, hodnota 0 v ostatních případech
$\varepsilon(i, j, k)$	hodnota 1, pokud jsou argumenty sudou permutací čísel 0, 1, 2, hodnota -1, pokud jsou lichou permutací čísel 0, 1, 2 a hodnota 0, pokud jsou alespoň dva argumenty stejné
$\Phi(x)$	hodnota 0, pokud je x záporné, hodnota 1 v ostatních případech

Funkce pro řešení diferenciálních rovnic

Podrobný přehled těchto funkcí a jejich argumentů včetně **příkladů** je v nápovědě. Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic a soustav dostáváme ve formě matice, kde v prvním sloupci jsou nezávisle proměnné a v dalších hodnoty hledaných funkcí a jejich derivací v těchto bodech.

$rkfixed(vy, x1, x2, i, D)$		řešení obyčejných diferenciálních rovnic n -tého řádu a soustav těchto rovnic metodou Runge-Kutta
$Rkadapt(vy, x1, x2, i, D)$	pro	řešení obyčejných diferenciálních rovnic n -tého řádu metodou Runge-Kutta s proměnnou hodnotou kroku (pro pomalu se měnící funkce)
$Bulstoer(vy, x1, x2, i, D)$	pro	řešení obyčejných diferenciálních rovnic n -tého řádu metodou Bulirsch-Stoer (pro hladké funkce)
$Stiffb(vy, x1, x2, i, D, J)$	pro	řešení soustav obyčejných diferenciálních rovnic n -tého řádu metodou Bulirsch-Stoer v případech, že řešení pomocí funkce $rkfixed$ je nestabilní (matice soustavy se blíží singulární)
$StiffR(vy, x1, x2, i, D, J)$	pro	řešení soustav obyčejných diferenciálních rovnic n -tého řádu metodou Rosenbrock v případech, že řešení pomocí funkce $rkfixed$ je nestabilní (matice soustavy se blíží singulární)
$rkadapt(vy, x1, x2, p, D, k, d)$	pro	odpovídá funkci $Rkadapt$, avšak dostáváme řešení pouze v některých bodech ($x2$), ve kterých nás zajímá
$bulstoer(vy, x1, x2, p, D, k, d)$	pro	odpovídá funkci $Bulstoer$, avšak dostáváme řešení pouze v některých bodech ($x2$), ve kterých nás zajímá
$stiffb(vy, x1, x2, p, D, J, k, d)$	pro	odpovídá funkci $Stiffb$, avšak dostáváme řešení pouze v některých bodech ($x2$), ve kterých nás zajímá
$stiffR(vy, x1, x2, p, D, J, k, d)$	pro	odpovídá funkci $StiffR$, avšak dostáváme řešení pouze v některých bodech ($x2$), ve kterých nás zajímá
$sbval(vg, x1, x2, D, vy, vd)$	pro	chybějící počáteční podmínky pro řešení dif. rovnic
$bvalfit(vg1,vg2,x1,x2,xf,D,vy1,vy2,vd)$	pro	chybějící okrajové podmínky pro řešení dif. rovnic, pokud známe hodnoty v $x1$ a $x2$

$relax(a, b, c, d, e, f, u, rj)$	pro	řešení Poissonovy parciální diferenciální rovnice ve čtvercovém intervalu
$multigrid(M, ncycle)$	pro	řešení Poissonovy parciální diferenciální rovnice ve čtvercovém intervalu, jestliže na všech čtyřech stranách hranice je hodnota hledané funkce 0

Transformační funkce

$fft(v)$		Fourierova transformace reálných hodnot ve vektoru v
$FFT(v)$		Fourierova transformace reálných hodnot s mírně odlišnou transformační funkcí (dle R. Bracewella)
$ifft(u)$		inverze funkce fft , hodnota v , pokud $u = fft(v)$
$IFFT(u)$		inverze funkce FFT , hodnota v , pokud $u = FFT(v)$
$cfft(A)$		Fourierova transformace reálných nebo komplexních hodnot v poli A
$CFFT(A)$		Fourierova transformace reálných nebo komplexních hodnot v poli A s mírně odlišnou transformační funkcí (dle R. Bracewella)
$icfft(B)$		inverze funkce $cfft$, hodnota A , pokud $B = cfft(A)$
$ICFFT(B)$		inverze funkce $CFFT$, hodnota A , pokud $B = CFFT(A)$
$wave(v)$	pro	diskrétní wavelet (vlnová) transformace reálných hodnot
$iwave(u)$	pro	inverze funkce $wave$, hodnota v , jestliže $u = wave(v)$.

Besselovy funkce

$I0(x)$	Besselova funkce $I_0(x)$
$I1(x)$	Besselova funkce $I_1(x)$
$In(m, x)$	Besselova funkce $I_m(x)$
$J0(x)$	Besselova funkce $J_0(x)$
$J1(x)$	Besselova funkce $J_1(x)$
$Jn(m, x)$	Besselova funkce $J_m(x)$
$K0(x)$	Besselova funkce $K_0(x)$
$K1(x)$	Besselova funkce $K_1(x)$

$K_n(m, x)$	Besselova funkce $K_m(x)$
$Y_0(x)$	Besselova funkce $Y_0(x)$
$Y_1(x)$	Besselova funkce $Y_1(x)$
$Y_n(m, x)$	Besselova funkce $Y_m(x)$

Řetězcové funkce

$concat(S1, S2)$	pro nový řetězec, který vznikne připojením řetězce $S2$ za $S1$
$strlen(S)$	pro počet znaků v řetězci S
$search(S1, SubS, m)$	pro pořadí prvního znaku části $SubS$ v řetězci $S1$ (hledání se provádí od pozice m) nebo -1, pokud $SubS$ není nalezen
$substr(S, m, n)$	pro část řetězce S , začínající na m -té pozici s počtem znaků n (pozice prvního znaku řetězce je 0)
$str2num(S)$	pro převede číselný řetězec S na číslo
$num2str(z)$	pro převede číslo z na číselný řetězec
$str2vec(S)$	pro převede řetězec znaků S do vektoru ASCII kódů
$vec2str(v)$	pro převede vektor v kódů ASCII (0 až 255) na řetězec znaků
$error(S)$	pro řetězec S zobrazený jako chybové hlášení

Další funkce

$mod(x, y)$	zbytek při dělení x / y
$angle(x, y)$	úhel mezi osou x a spojnicí počátku s bodem (x, y)

$\Gamma(z)$ Eulerova gamma funkce:

$$\int_0^{\infty} t^{z-1} \cdot e^{-t} dt$$

$erf(x)$ chybová funkce:

$$\int_0^x \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-t^2} dt$$

Další vestavěné funkce najdete v některých elektronických příručkách (Function Pack) - viz kap. 15.2, nebo si je ve verzi Mathcad Professional můžete vytvořit sami (uživatelská DLL).

Vývoj verzí Mathcadu

Pokročilá matematika:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
Maticové operace	✓	✓	✓	↑↑	↑↑
Řešení diferenciálních rovnic		✓		✓	✓
Živé symbolické výpočty		✓		✓	↑↑
Symbolická řešení soustav rovnic		✓		✓	✓
Paleta symbolických operátorů					✓
Řada statistických funkcí			✓	↑↑	↑↑
Regresní analýza a vyhlazení dat			✓	↑↑	↑↑
Programování:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
Operátory pro vytváření programů				✓	↑↑
Programování se živými symbolickými výrazy					✓
Použití řetězcových proměnných					✓
Průběžné ošetření chyb (On Error)					✓
Práce s daty:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
Přesun dat do (z) Mathcadu	✓	✓	✓	✓	↑↑
Datové filtry pro Excel, MATLAB, 1-2-3, ASCII					✓
Nástroje pro řízení toku dat (MathConnex)					✓
Možnost rozšíření:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
Vytváření vlastních funkcí v C/C++		✓		✓	✓
Další funkce ve speciálních příručkách		✓		✓	✓
Vlastní knihovny funkcí				✓	✓
Vytváření uživatelské symboliky				✓	✓
Práce s jednotkami:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
Převádění jednotek	✓	✓	✓	✓	✓
Soustava jednotek MKS, CGS, U.S.	✓	✓	✓	✓	✓
Jednotky SI					✓

Vizualizace:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
2-D a 3-D grafy	✓	✓	✓	✓	↑↑
Rychlé grafické zobrazení funkcí (QuickPlot)					✓
Propojení s programem Axum pro tvorbu grafů			✓	✓	↑↑
Zpracování obrazu			✓	✓	↑↑
Animace				✓	✓
Práce s dokumentem:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
Nastavení vzhledu stránky a prohlídka před tiskem	✓	✓	✓	✓	↑↑
Oddělitelné palety nástrojů			✓	✓	✓
Export ve formátu RTF			✓	✓	✓
Uzamykání oblastí			✓	✓	✓
Zjednodušené úpravy vztahů (jako u textů)					✓
Šablony, styly					✓
Využití sítí:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
Hyperlink na intranet nebo WWW			✓	✓	✓
Přístup na Internet přímo z Mathcadu					✓
Konference uživatelů Mathcadu na Internetu (Collaboratory)					✓
Podpora E-mailu na bázi MAPI					✓
Ovládání programu:	5	PLUS 5	6.0 SE	PLUS 6	7 PRO
Interaktivní výuka			✓	✓	↑↑
Příklady výpočtů (QuickSheets)			✓	✓	↑↑
Obnovované příklady na síti			✓	✓	↑↑
Návody k řešení problémů			✓	✓	↑↑
Kontextová nápověda					✓

Další informace o novinkách ve verzi Mathcad 7 jsou v kapitole 2.

Rejstřík

- A -

aktualizace spojení s datovým souborem, 38; 39
 aktualizace symbolických výpočtů, 70
 animace, 51
 Auto, 92
 automatická změna typu rovnítka, 10
 automatické obnovení výsledků, 7; 92
 automatické vytvoření textové oblasti, 16
 automatický režim práce, 92; 93
 automatický výběr rozsahu os, 43
 Axum, 37

- B -

barevné zvýraznění oblastí, 19
 Besselovy funkce, 133; 134
 blok, 18
 break, 79; 80
 Built-In Variables, 26

- C -

Calc F9, 92
Collect, 64
cols, 32
Complex, 63
 continue, 80
Convert to Partial Fraction, 68
 cyklus
 for, 77; 80
 nekonečný, 78
 rekurze, 79
 ukončení, 78; 79
 while, 78

- Č -

čas výpočtu, 60; 78
 čárkovaný rámeček, 18
 čárový graf, 41
 čtení dat, 38

- D -

data
 grafické zobrazení, 41
 import a export, 28; 37; 38; 84
 kontrola toku, 84
 projekt toku, 83 - 87
 výměna s jinými aplikacemi, 37; 39; 40
 zpracování, 84
 Data Points, 49
 datový soubor, 28
 definice

funkce, 43; 76
 jednotky, 15
 matice, 33
 mnohorozměrného pole, 36
 proměnné, 10; 11; 76
 rekurzivní, 74
 souřadnic, 41
 vektoru, 26 - 28
 derivace, 62; 67
 desetinná místa, 7; 63; 86; 87
 desetinná tečka, 7
 determinant, 35; 68; 69
 diferenciální rovnice, 132; 133
Differentiate, 67
 Display As, 49
 Display as Matrix, 28
 Displayed Precision, 7; 86; 87
 distribuční funkce, 125 - 129
 DLL, 134

- E -

editovací kurzor, 7; 8
 elektronické příručky
 obsah, 6; 88
 otevření, 88
 seznam, 90; 91
 tlačítka, 88; 89
 změny, 89
 elektronické tabulky, 93
error, 12; 81; 82
 Eulerova gamma funkce, 134
Evaluate Symbolically, 62; 70
 Excel, 37; 39; 40
Expand, 63
Expand to Series, 68
 exponenciální a logaritmické funkce, 120; 121
 exponenty, 87
 extrapoláční funkce, 130

- F -

Factor, 63
 faktoriál, 79
 Fibonacciho čísla, 78; 79
 File Read/Write, 38
Find, 54 - 57; 71
Floating Point, 63
 for, 77; 80
 formát
 čísel, 7
 grafů, 45; 49
 textů, 16
 formátovací lišta, 16
 Fourierova transformace, 69

FRAME, 51
 FresnelS, 69
 Function Pack, 134
 funkce

dodatečná aplikace na výraz, 13
 grafické znázornění, 43
 pro práci se soubory a obrázky, 123; 124
 pro řešení diferenciálních rovnic, 132; 133
 pro řešení rovnic, 121
 pro vyhlazení grafů, 131
 rekurzivní, 79
 seznam vestavěných, 119 - 134
 styly, 10; 119
 symbolické řešení, 62
 uživatelské, 43; 76
 vektorové, 32
 ve výsledku symbolického procesu, 69 - 71
 vložení vestavěných, 8
 vypsání hodnoty, 99; 119
 fyzikální konstanty, 6; 88; 93

- G -

Given, 54
 goniometrické funkce, 120
 graf
 funkcí, 43
 parametrický, 44; 48
 polární, 46
 popis čar, 45
 prostorová plocha, 48
 rovinný x-y, 41
 rozsah os, 41; 45; 51
 sloupcový, 49
 souřadnice bodů, 45
 standardní nastavení, 45
 svislá a vodorovná čára, 45
 úpravy, 45; 49
 vektorového pole, 47
 vrstevnicový, 49
 vyhlazení, 131
 vytvoření, 41
 výřez, 45
 x-y-z, 50

- H -

heslo, 21
 hlavička, 20
 hledání řetězce znaků, 16
 hranice uzamykatelné oblasti, 21
 hyperbolické funkce, 120
 hyperlink, 22

- CH -

chybová funkce, 134
 chybová hlášení, 81; 82; 95
 chyby, 94; 95

v programech, 81; 82

- I -

if, 11; 78 - 82; 97
 ignorování
 definice proměnné, 74; 75
 vztahu, 19
 ikony, 109 - 115; 117; 118
 imaginární jednotka, 8
 in, 84; 86
 index prvního prvku pole, 26; 34
 indexy, 25; 34; 94
 informace o provedených úpravách, 62
 Input Table, 39
 instalace, 1
Integrate, 67
 integrál
 neurčitý, 62; 67
 určitý, 11; 62
 Internet, 1; 3; 6; 88
 interpolační funkce, 129
 inverze transformace, 69
 inverzní goniometrické funkce, 120
 inverzní hyperbolické funkce, 120
 inverzní matice, 34; 69
 iterace, 77; 78; 80

- J -

jednotky
 použití, 14
 převádění, 14
 rozměrová kontrola, 14
 SI, 14
 uživatelské, 15
 vestavěné, 15
 základní, 15
 změny, 15

- K -

kartézský součin, 77; 82
 klávesové zkratky, 103 - 115
 klíčová slova
 assume, 71; 72
 coeffs, 74
 expand, 73; 74
 float, 73
 Given, 54; 71
 přehled, 72
 series, 73
 simplify, 73; 74
 solve, 73
 substitute, 73
 koeficienty polynomu, 64;
 kombinační čísla, 81; 82
 komplexní čísla
 grafické zobrazení, 41; 47

psaní, 8
 ve výpočtech, 63
 komplexní funkce, 131
 komponenty
 barevné zvýraznění aktivní, 84
 definice, 37
 propojení, 84; 87
 vkládání, 38; 83
 vlastnosti, 38; 84 - 86
 výměna dat, 39; 40
 kontextová nápověda, 95
 kontextové menu, 2
 konvergence řešení, 53; 60; 78
 kopírování
 částí datového souboru, 92
 číselných výsledků, 92
 výběru, 19
 z elektronické příručky, 88; 93
 z QuickSheets, 93
 krok posloupnosti, 24; 25
 kurzor, 5; 7; 69

- L -

Laplaceova transformace, 69
last, 32
 legenda u grafů, 45
 limity, 62
 lineární soustava rovnic, 55
 Link, 23
 lišty tlačítek, 5; 88; 109; 110; 117; 118

- M -

manuální režim výpočtů, 92; 93
 matematické nástroje, 5
 MathConnex
 popis okna, 83
 projekt toku dat, 83 - 87
 seznam položek menu a tlačítek, 115 - 118
 spuštění, 83
 víceúrovňový systém, 84
 matice
 aplikace funkcí, 34
 grafické znázornění, 48; 49
 inverzní, 34; 69
 maximální počet prvků, 33
 operace, 34
 přidání a mazání řádků a sloupců, 33
 sčítání prvků, 35
 seznam funkcí, 121 - 123
 symbolické úpravy, 68
 transponované, 35
 vnořené, 36
 zadávání, 33
 zobrazení, 33
 MATLAB, 37
Matrix, 68

max, 32
 maximální číslo, 81
 menu, 103 - 108; 115 - 117
 mezery ve výrazech, 4
Minerr, 54; 58
 množiny prvků, 29
 modifikátory, 73
 modul, 84

- N -

nekompatibilní jednotky, 14
 nekonečno, 71; 81
 nekonečný cyklus, 78
 nelineární rovnice, 55; 56
 nerovnice, 55; 66
 nerovnosti, 11; 93
 Newtonova metoda hledání odmocniny, 78
 novinky, 2; 3; 135; 136

- O -

objekty
 animace, 51
 propojování, 23
 vkládání, 23
 oblasti, 5
 kopírování, 19
 oddělení, 92
 označení, 18
 přesun, 19
 uzamykání, 21
 úpravy, 19
 vymazání, 19
 změna velikosti, 19
 obnovení výsledků, 7; 15; 70; 92; 93
 obrázky
 převedení na matici a zpět, 123; 124
 vložení, 93
 odemknutí oblasti, 21
 odkaz na jiný dokument, 23
 odvozování vztahů, 65
 okraje, 20
 OLE, 23
 on error, 81; 82
 opakování sekvence příkazů, 77
 operace
 s jednotlivými prvky polí, 30; 34
 s maticemi, 34
 s vektory, 28; 29
 se symboly, 61 - 75
 operátory
 automatické násobení, 12
 přidání do vztahů, 7
 uživatelské, 93
 základní matematické, 7; 9
 opravy vztahů, 13
 optimalizace vztahů před výpočtem, 75

Optimize, 75

orientace papíru, 20

ORIGIN, 26; 32; 34

otherwise, 78 - 80

out, 84; 86

Output Table, 39

označení

oblasti, 18

více oblastí, 18

- P -**Page Setup**, 20

palety nástrojů

seznam tlačítek, 110 - 115

uživatelská poloha, 5

paměť, 1; 83

parametrické rovnice, 52; 59

parametrický graf, 44; 48

parciální zlomky, 68

password, 21

pata stránky, 20

Patch, 1

Personal QuickSheets, 93

počáteční odhad řešení, 52 - 54; 56 - 58; 60

počet prvků v matici, 33

podmínka

v programech, 78 - 82

ve výpočtu, 35; 93

podmínková funkce, 11

podmínkové a další nespojitě funkce, 131

pohybující se objekt, 51

polární graf, 46

položky menu, 103 - 108; 115 - 117

Polynomial Coefficients, 64*polyroots*, 54

posloupnost, 24

povolená nepřesnost numerického řešení, 60

pracovní plocha, 5

prázdné řádky

přidání, 20

zrušení, 20

programovací nástroje

Add line, 76

break, 79; 80

continue, 80

for, 77; 80

if, 78- 82

on error, 81; 82

otherwise, 78 - 80

přehled, 113; 114

return, 81

rovnítko, 76

while, 78

programy

ošetření chyb, 79; 81; 82

ovládání průběhu, 79 - 82

příklady, 76 - 82; 101

symbolické řešení, 82

ukončení, 79 - 81

vytvoření, 76

proměnné

indexované, 9; 25

název, 9

přiřazení hodnoty, 10; 76

řetězcové, 12; 80 - 82; 93

s rozsahem hodnot, 24

styly, 10; 94

textový režim při tvorbě názvu, 9

v programu, 76

v symbolických výpočtech, 61

ve formě polí v soustavách rovnic, 59

vestavěné, 15; 26; 32; 34; 60; 90

vyjádřit symbolicky ze vztahu, 65

výpis hodnoty, 10

propojování

komponent, 84

objektů, 23;

s datovými soubory, 38; 39

prostorové grafy, 48 - 50

průnik intervalů, 66; 67; 81; 82

prvočísla, 63

překrývající se oblasti, 5

přerušení dlouhého výrazu, 93

přesnost

kopírování číselných výsledků, 92

numerických výpočtů, 27; 60; 78; 92

symbolických výpočtů, 61

transportu dat, 38

přesun výběru, 19

převádění jednotek, 14

příklady výpočtů, 88; 93; 96 - 102

- Q -

QuickPlot, 43

QuickSheets, 88; 93

- R -

range variable, 24
 rámeček, 5; 18; 94
Reference, 23
 Reference Tables, 88; 93
Refresh, 5; 92
 regions, 5
 regrese, 86
 regresní funkce, 130
 rekurze, 79
Resource Center, 6; 88; 93
 return, 81
 režim výpočtů
 automatický, 92; 93
 manuální, 92; 93
root, 52
 rovinné grafy, 41 - 47
 rovnice, 52
 diferenciální, 132; 133
 konvergence, 53; 60
 lineární, 55
 maximální počet, 55
 nelineární, 56
 nenalezeno řešení, 60
 parametrické, 52; 53; 59
 polynomické, 54; 66
 soustavy, 54 - 59
 symbolické řešení, 65; 71; 73
 rovnítko
 automatická změna, 10
 globální, 11; 99
 lokální (programovací), 76
 podmínkové, 11; 54; 65; 93
 přiřazovací, 10
 symbolické, 70-74; 82
 vypsání hodnoty, 7; 10
rows, 32
 rozhodovací stromy, 76; 78
 rozměrová kontrola, 14
 rozsah os, 41; 45; 51
 rozšíření Mathcadu, 91
 rozvoj v řadu, 68; 73
 rychlost vektorových výpočtů, 31

- Ř -

řady, 68; 73
 řádky
 přidání, 20; 76
 zrušení, 20
 řecká abeceda, 9

řešení

diferenciálních rovnic, 132
 komplexní, 58; 63
 konvergence, 53; 60
 nenalezeno, 60
 počáteční odhad, 52 - 54; 56 - 58; 60
 rovnic, 52 - 54
 s minimální chybou, 58
 soustav rovnic, 55 - 59; 71; 73
 symbolické, 62; 70
 za určitých předpokladů, 71; 72
 řetězcové funkce, 81; 82; 134
 řetězcové proměnné, 12; 80 - 82; 93

- S -

sady tlačítek, 5; 110 - 115
 Scriptable Object, 37
Separate Regions, 5
 Show Markers, 45
Simplify, 63
 síť, 6
 sjednocení intervalů, 66; 67; 81; 82
 skalární součin, 28
Solve, 65
 souřadnice bodů, 41; 45
 soustavy jednotek, 14
 soustavy rovnic
 numerické řešení, 54 - 59
 symbolické řešení, 71; 73
 Special Functions, 69
 spolupráce s aplikacemi, 37; 39; 40
 spuštění
 Mathcadu, 5
 MathConnexu, 83
 standardní nastavení grafů, 45
 statistické funkce, 125
 styly
 proměnných, 10; 94
 textů, 16
 vestavěných funkcí, 10; 119
Substitute, 67
 symbolické výpočty
 aktualizace, 70; 72
 derivace, 67
 integrace, 67
 koeficienty polynomu, 64; 74
 matice, 68
 nerovnice, 66; 67
 optimalizace, 75
 parciální zlomky, 68
 poloha upraveného výrazu, 62
 programů, 82
 předpoklady, 71; 72
 rovnice, 65; 66
 rozšířit výrazy, 63; 73; 74
 rozvoj v řadu, 68; 73

s desetinnými čísly, 61; 63; 73
 s komplexními čísly, 63
 soustavy rovnic, 71; 73
 srovnání s numerickými, 61; 65
 substituce, 67; 73
 transformace, 69
 uspořádat polynom, 64
 vícenásobné, 74
 vyjádřit proměnnou, 65 - 67
 vyřešit výraz, 62; 70; 71
 vytknout výraz, 63
 zjednodušit, 63; 73; 74
 živé operace, 70 - 75

- Š -

šablony, 20

- T -

texty

automatické vytvoření oblasti, 16
 opuštění oblasti, 16
 šířka oblasti, 16
 úprava, 16
 vkládání a odstranění mat. výrazů, 17
 vkládání textové oblasti, 16

tisk, 20

tlačítka, 109 - 115; 117; 118

TOL, 60

trajektorie, 44

Transform, 69

transformační funkce, 133

transponovaná matice, 35

trig, 73

třídící funkce, 124

- U -

úhel bodu v rovině x, y, 134

Undo, 92

úpravy

grafů, 45; 49

oblastí, 19

stránky, 20

URL, 22

uzamčení řádek, 21

uživatelské

funkce, 43; 76

chybové hlášení, 81; 82

jednotky, 15

operátory, 93

- V -

vazba

s datovým souborem, 38; 39

s jiným dokumentem, 22; 23

vectorize, 30

vektorové pole, 47

vektorový součin, 29

vektory

aplikace funkcí, 32

grafické znázornění, 42

indexy, 25

matematické operace, 28; 29

operace s jednotlivými prvky; 29 - 31

sčítání prvků, 29

seznam funkcí, 121 - 123

zadávání, 26 - 28

zobrazení, 28

velikost grafů, 19; 45

verze Mathcadu, 4; 135; 136

vestavěné

funkce, 119 - 134

jednotky, 15

proměnné, 15; 26; 32; 34; 60; 90

vkládání

dat, 39

jiného dokumentu, 23

komponent, 38

objektů, 23

obrázků, 93

vlastnosti objektů, 19; 38; 84 - 86

volné řádky

přidání, 20

zrušení, 20

vnořená pole, 36; 77

vymazání výběru, 19

výrazy

odvozování, 65

opravy, 13

optimalizace, 75

přerušování dlouhého, 93

vkládání do textů, 17

vyřešit symbolicky, 62; 70; 71

vytváření, 7; 8

zjednodušení, 63

výřez grafu, 45

výukový program, 6; 88

vzorce, 6; 88; 93

- W -

Wait, 92

while, 78

WWW, 1; 6

- Z -

z-transformace, 69

zaokrouhlovací funkce, 125
zaokrouhlovací chyby, 27
zarovnání objektů, 19
základní jednotky, 15
záměna řetězce znaků, 16
zápis hodnot do datového souboru, 38
závorky, 8
zbytek, 134
Zero Tolerance, 27
zjednodušení výrazů, 63
změna
 barev, 106
 indexu prvního prvku, 26
 jednotky, 15
 v elektronické příručce, 89
zobrazení
 desetinných míst, 7; 86; 87
 exponentů, 87
 matic, 33; 48; 49
 mnohorozměrných polí, 36
 vektorů, 28; 42

- Ž -

živá symbolika, 70