

УДК 004.942

Л. О. Флегантов,

І. М. Канівець

Полтавська державна аграрна академія

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТІЛА У ЩІЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАСОБАМИ MS EXCEL

Стаття присвячена окремим питанням навчання основ математичного моделювання здобувачів вищої освіти інженерних спеціальностей. Розглядається побудова, комп'ютерна реалізація і дослідження навчальної математичної моделі механічного руху тіла, кинутого під кутом до горизонту у заданому напрямку. Запропонована модель враховує вплив геометричних параметрів тіла та щільності середовища. Для її комп'ютерної реалізації використовуються електронні таблиці MS Excel. У статті описано, як створити комп'ютерну модель і за її допомогою імітувати процес механічного руху тіла у щільному середовищі, проводити обчислювальні експерименти, змінюючи початкове та кінцеве положення тіла, геометричні розміри тіла та цілі, початкову швидкість і кут, прискорення сили тяжіння та щільність середовища, що дозволяє досліджувати рух тіла у гіпотетичних умовах. Приділена увага питанням візуалізації результатів моделювання і організації інтерфейсу користувача моделі. Використання запропонованої методики сприяє розвитку у студентів логічного мислення, кращому засвоєнню теоретичних положень з основ математичного моделювання та споріднених дисциплін, мотивації до вивчення дисципліни, зацікавленості у навчанні, формуванню навичок дослідницької діяльності.

Ключові слова: механічний рух тіла; математична модель; методика; комп'ютерне моделювання; імітаційне моделювання; використання MS Excel.

Постановка проблеми. Навчання основам математичного моделювання є важливою складовою підготовки майбутніх фахівців різних напрямів. Під час навчання спостерігаються проблеми, зумовлені неоднорідністю залишкових знань студентів, їх мотивації до вивчення математичних дисциплін, недостатньою сформованістю алгоритмічного мислення, варіативністю сформованості навичок самостійної навчальної і науково-дослідницької діяльності, низькою математичною культурою тощо. Крім того, значна частина студентів використовує комп'ютерні технології у спосіб, що не забезпечує виконання навчальних завдань практичного змісту. Тому актуальним є дослідження проблем та розробка методичних аспектів навчання основам математичного моделювання, що ґрунтуються на використанні сучасних ІКТ, формування відповідних навчальних методик та їх впровадження у навчальний процес ВНЗ.

Аналіз актуальних досліджень. Сучасна методологія математичного та комп'ютерного моделювання ґрунтується на роботах В. Глушкова, Б. Гнеденка, А. Колмогорова, О. Самарського, А. Тихонова та інших. У дослідженнях Ю. Коварського, В. Паламарчука, Я. Пановка, В. Попковича, М. Солодухіна визначена специфіка моделювання як теоретичного методу та прийому навчання, розкрито функції, роль та місце моделювання в навчальному процесі. Навчання основам математичного моделювання пов'язане з питаннями прикладної спрямованості математичних дисциплін. У цьому напрямку працюють М. Ігнатенко, Л. Нічуговська, Л. Новицька, А. Прус, Л. Соколенко, В. Швець. Особливості комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів розглядали у своїх роботах Л. Калапуша,

В. Муляр, А. Федонюк, Л. Пузанкова І. О. Теплицький, С. Семеріков та інші. Однак, в цілому, незважаючи на значну кількість публікацій, пов'язаних з проблемою даної статті, методичні аспекти навчання основам математичного моделювання з використанням ІКТ наразі потребують подальшого дослідження.

Мета статті полягає у розкритті особливостей методики побудови математичної моделі (ММ) руху тіла у щільному середовищі та її комп'ютерної реалізації з використанням електронних таблиць MS Excel.

Виклад основного матеріалу. У роботі [3] розглянута ММ механічного руху тіла, кинутого під кутом до горизонту у полі сили тяжіння, реалізована в електронних таблицях MS Excel. У даній роботі додатково вважаємо, що на тіло також діє опір середовища.

Змістову постановку навчальної задачі зручно подати у наступній формі: *побудувати математичну модель руху баскетбольного м'яча з урахуванням опору повітря, за допомогою якої, шляхом обчислювального експерименту, визначити початкові параметри руху, при яких м'яч гарантовано потрапляє до кошика.* Таке формулювання надає задачі конкретного практичного змісту, що забезпечує можливість змістової інтерпретації і обговорення результатів моделювання, при якому не потрібне залучення додаткових спеціальних знань поза межами навчальної програми. Одержані висновки є наочними і доступними для розуміння, дозволяють узагальнення і поширення на цілий клас подібних задач.

На малюнку (рис. 1) представлена траєкторія руху м'яча з урахуванням опору повітря, де показано розміщення м'яча у чотирьох послідовних позиціях: А – початкове положення м'яча; В – м'яч у фазі підйому (рух вгору); С – показує сили, що діють на м'яч; D – м'яч у фазі падіння (рух вниз).

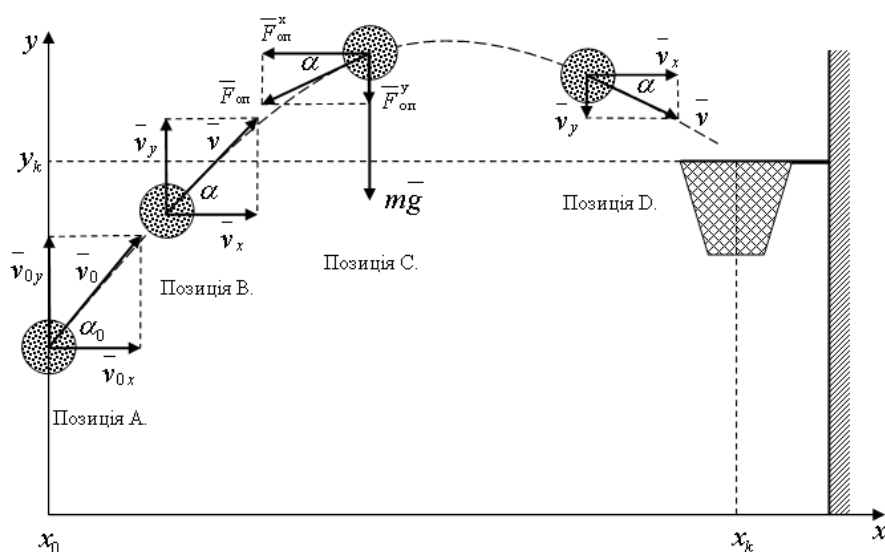


Рис. 1. Схематичне представлення руху баскетбольного м'яча

Основні припущення (ідеалізація) моделі: траєкторія м'яча лежить у площині, перпендикулярній до поверхні землі; на м'яч діють сила тяжіння і сила опору повітря, дією інших сил нехтуємо.

Вхідні параметри моделі: g – прискорення вільного падіння тіла (прискорення сили тяжіння), m/c^2 ; x_0, y_0 – початкові координати центру м'яча, м; x_k, y_k – координати центру кошика, м; α_0 – початковий кут, під яким кинуто м'яч, градуси; v_0 – початкова швидкість руху м'яча, м/с; d – діаметр м'яча, м; D – діаметр кошика ($D > d$), м; m – маса м'яча ($m \neq 0$), кг; C_D – коефіцієнт, що характеризує опір повітря,

визначається експериментально, залежить від форми тіла і характеристик середовища (для сфери у повітрі $C_D = 0,47$), б/р; ρ – густина середовища (для повітря $\rho = 1,213$ кг/м³).

Вихідні параметри моделі: $x = x(t)$, $y = y(t)$ – координати центру м'яча у довільний момент часу t , м; $v = v(t)$ – швидкість руху м'яча у довільний момент часу t , м/с; $\alpha = \alpha(t)$ – кут до горизонту, під яким рухається м'яч у довільний момент часу t , градуси.

Відповідно до механічного змісту похідної [4]:

$$\frac{dx}{dt} = v_x, \quad \frac{dy}{dt} = v_y \quad (1)$$

При цьому (рис. 1), $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, $\alpha = \arctg \frac{v_y}{v_x}$.

Для відшукування v_x і v_y розглядаємо результуючу сил, що діють на м'яч у фазі польоту (рис. 1, позиція С):

$$\bar{F} = \bar{F}_\tau + \bar{F}_{\text{оп}}, \quad (2)$$

де $\bar{F}_\tau = m\bar{g}$ – сила тяжіння, Н; $\bar{F}_{\text{оп}} = -k_2 v^2 \frac{v}{v}$ – сила опору повітря (рис. 1, позиція С),

Н; $k_2 = \frac{1}{2} C_D \rho S$ – коефіцієнт пропорційності, що характеризує опір повітря, кг/м; S – площа поперечного перерізу тіла у напрямі, перпендикулярному до вектора миттєвої швидкості тіла, м²; у загальному випадку $S = S(t)$, для сфери: $S = \pi r^2$, де r – радіус сфери, м.

Рівняння (2) у координатній формі має вид:

$$(F_x; F_y) = (0; -mg) + (-F_{\text{оп}}^x; -F_{\text{оп}}^y). \quad (3)$$

Звідси

$$F_x = -F_{\text{оп}}^x, \quad F_y = -F_{\text{оп}}^y - mg, \quad (4)$$

де

$$F_{\text{оп}}^x = F_{\text{оп}} \cos \alpha = k_2 v^2 \frac{v_x}{v} = k_2 v_x v = k_2 v_x \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (5)$$

$$F_{\text{оп}}^y = F_{\text{оп}} \sin \alpha = k_2 v^2 \frac{v_y}{v} = k_2 v_y v = k_2 v_y \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (6)$$

Згідно 2-го закону Ньютона [1], використовуючи (4-6) одержимо:

$$\frac{dv_x}{dt} = -\frac{k_2}{m} v_x \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \quad \frac{dv_y}{dt} = -\frac{k_2}{m} v_y \sqrt{v_x^2 + v_y^2} - g. \quad (7)$$

Поєднуючи (1) і (7), одержимо ММ руху фізичного тіла довільної форми у полі сили тяжіння з урахуванням опору повітря, побудовану на основі наведених вище основних припущень.

Два останні рівняння моделі не належать до типу диференціальних рівнянь, що вивчаються в курсі вищої математики. Проте, їх можна проінтегрувати наближено, використовуючи чисельні методи. Застосування методу Ейлера [6], до рівнянь (1), (7) на відріжку $t \in [0; t_M]$ при початкових умовах $x(0) = x_0$, $y(0) = y_0$, $v_x(0) = v_0 \cos \alpha_0$, $v_y(0) = v_0 \sin \alpha_0$ (рис. 1, поз. А), дозволяє одержати розрахунковий алгоритм відшукування чисельного розв'язку у вигляді:

$$v_{xi+1} = v_{xi} + \left(-\frac{k_2}{m} v_{xi} v_i\right) \Delta t, v_{yi+1} = v_{yi} + \left(-\frac{k_2}{m} v_{yi} v_i - g\right) \Delta t, \quad (8)$$

$$x_{i+1} = x_i + v_{xi} \Delta t, y_{i+1} = y_i + v_{yi} \Delta t,$$

де t_M – час моделювання (час, за який м'яч долітає до дальнього краю баскетбольного кошика); $\Delta t = \frac{t_M}{n}$ – довжина проміжків часу між моментами фіксації положення м'яча; n – кількість точок спостереження; $x_i = x(t_i)$, $y_i = y(t_i)$, $v_{xi} = v_x(t_i)$, $v_{yi} = v_y(t_i)$ – координати центру м'яча і проекції швидкості у моменти часу $t_{i+1} = t_i + \Delta t$; $v_i = \sqrt{v_{xi}^2 + v_{yi}^2}$ – швидкість тіла у момент часу t_i , $i = \overline{0, n-1}$.

Результат моделювання, відповідно до поставленої задачі, визначається згідно наступних критеріїв [3]:

$$y(t_k) > y_k, v_y(t_k) < 0, |x(t_k) - x_k| \leq \frac{D-d}{2}, |y(t_k) - y_k| \leq \frac{d}{2}. \quad (9)$$

На малюнку (рис. 2) на робочому аркуші Excel представлені вхідні дані моделі (у виділених комірках), а також допоміжні розрахунки. При введенні вхідних даних слід дотримуватися системи вимірювання фізичних величин СИ, кути зручно вводити в градусах із їх наступним перетворенням у радіани, а розміри м'яча і баскетбольного кошика – у сантиметрах, з наступним перетворенням у метри.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Лабораторна робота № 2							
2	Моделювання руху м'яча з урахуванням опору повітря							
3								
4	g=	9,81	м/с ²			m=	0,68	кг
5	x0=	0	м			Cd=	0,47	для сфери
6	y0=	1,75	м			rho=	1,213	кг/м ³
7	xk=	6,25	м			S=	0,045238934	м ²
8	yk=	3,05	м			k2=	0,012895584	кг/м
9	alpha0=	45	градуси	0,785398	радіани	k2/m=	0,018964095	1/м
10	v0=	9,2	м/с	v0x=	6,505382	v0y=	6,505382387	
11	d=	24	см	0,24	м			
12	D=	45	см	0,45	м			
13								
14	Розташування кошика			Час моделювання		Відлік часу		
15	x, м			1,088891	с	початок	0	с
16	6,025	ближній край кошика				кінець	1,1	с
17	6,475	дальній край кошика				deltaT=	0,011	с

Рис. 2. Вхідні параметри та допоміжні розрахунки ММ

Важливою складовою реалізації розрахунково-обчислювальної схеми (8) є визначення часу моделювання t_M , для розрахунку якого спочатку обчислюються абсциси ближнього та дальнього країв кошика за формулами відповідно: $A16 = B7 - D12 / 2$ і $A17 = B7 + D12 / 2$ (рис. 2). Час t_M розраховується за формулою $D15 = (1 + G5 / 5) * A17 / E10$, у комірці G16 значення t_M округлюється з надлишком до першого знаку після коми.

Для визначення траєкторії м'яча необхідно обчислити координати його центру x_i , y_i у послідовні моменти часу t_i з кроком Δt . Результати розрахунків, виконаних за формулами (8) при вказаних вище значеннях вхідних параметрів моделі (рис. 2), представлені на малюнку (рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G
20	i	ti, c	vxi, м/с	vyi, м/с	vi, м/с	xi, м	yi, м
21	0	0	6,505382	6,505382	9,2000	0,00000	1,75
22	1	0,011	6,492897	6,384987	9,1064	0,07156	1,821559206
23	2	0,022	6,480563	6,264948	9,0137	0,14298	1,891794068
24	3	0,033	6,468378	6,145258	8,9221	0,21427	1,9607085
25	4	0,044	6,456339	6,025911	8,8315	0,28542	2,028306342
26	5	0,055	6,444444	5,906899	8,7420	0,35644	2,09459136
27	6	0,066	6,432692	5,788217	8,6535	0,42733	2,159567252
28	7	0,077	6,42108	5,669859	8,5661	0,49809	2,223237641
29	8	0,088	6,409606	5,551817	8,4797	0,56872	2,285606086
30	9	0,099	6,398268	5,434086	8,3945	0,63923	2,346676073
31	10	0,11	6,387064	5,316661	8,3103	0,70961	2,406451022
112	91	1,001	5,714714	-3,54038	6,7225	6,08608	3,167238338
113	92	1,012	5,7067	-3,64332	6,7705	6,14894	3,128294177
114	93	1,023	5,69864	-3,74609	6,8197	6,21171	3,08821762
115	94	1,034	5,690533	-3,84867	6,8698	6,27440	3,047010655
116	95	1,045	5,682378	-3,95106	6,9210	6,33699	3,004675302
117	96	1,056	5,674174	-4,05327	6,9732	6,39950	2,96121361
118	97	1,067	5,66592	-4,15528	7,0263	6,46191	2,916627655
119	98	1,078	5,657615	-4,2571	7,0804	6,52424	2,870919546
120	99	1,089	5,649259	-4,35872	7,1353	6,58647	2,824091424
121	100	1,1	5,64085	-4,46015	7,1911	6,64861	2,776145456

Рис. 3. Результати розрахунків проєкцій швидкості і координат центру м'яча

Графіки, побудовані за даними стовпців В-Е таблиці (рис. 3), показують, що v_x і v_y лінійно спадають з часом на всьому проміжку моделювання (рис. 4).

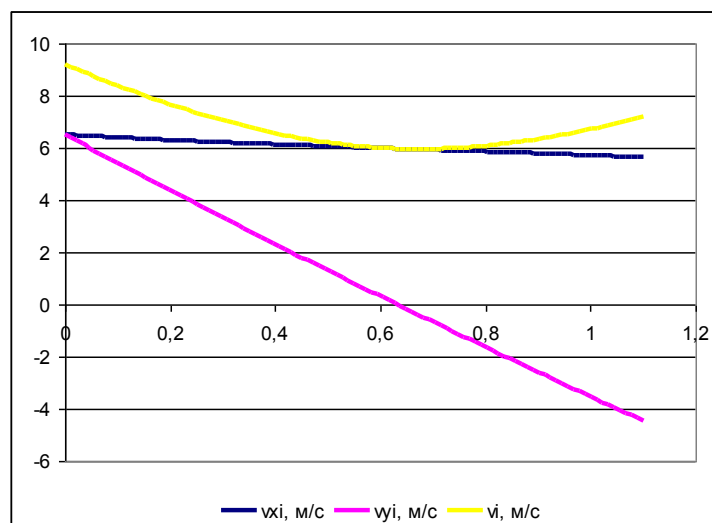


Рис. 4. Швидкість руху сферичного тіла у полі сили тяжіння з урахуванням опору повітря

Траєкторія руху тіла представлена за допомогою графіків (рис. 5-7), побудованих при різних значеннях вхідних параметрів ММ за даними діапазону В; F:G розрахункової таблиці (рис. 3).

Схематичне зображення баскетбольного кошика на рис. 5-7 будується за даними стовпця Н (рис. 8), усі комірки якого, починаючи з Н21, містять формулу виду =ЕСЛИ(И(F21>=\$A\$16;F21<=\$A\$17);\$B\$8;0). Організоване таким чином візуальне представлення розрахунків є зручним способом оцінки результатів віртуальних дослідів у середовищі MS Excel. Також це сприяє кращому розумінню здобувачами вищої освіти одержаних числових результатів, підвищує їх пізнавальний інтерес, рівень творчої активності.

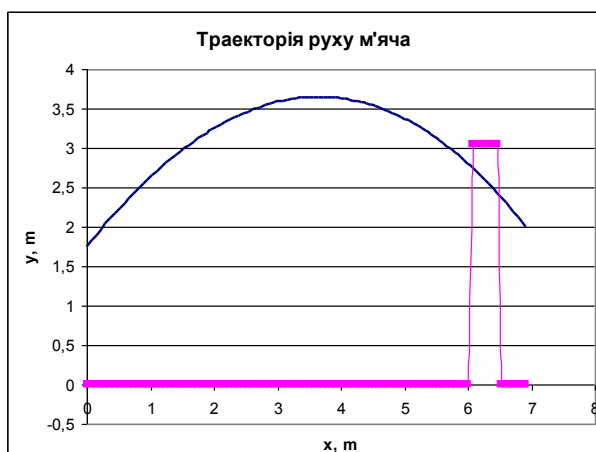


Рис. 5. «Недоліт» м'яча при $v_0 = 8,8 \text{ м/с}$, $\alpha_0 = 45^\circ$

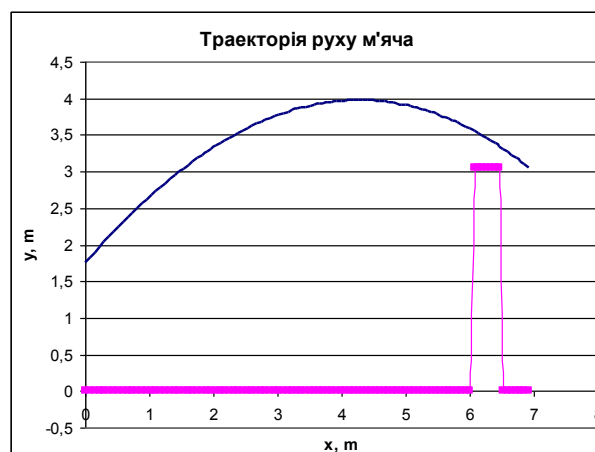
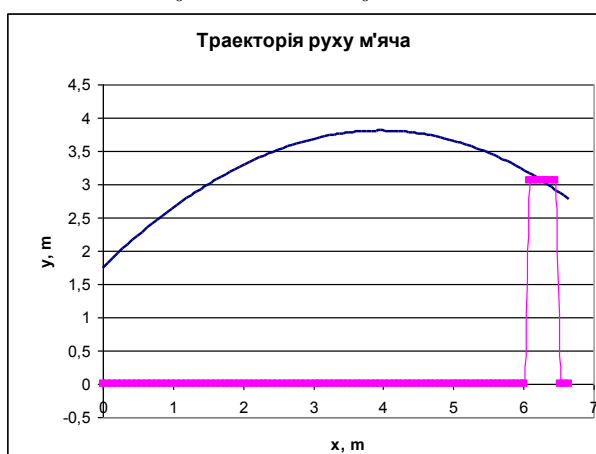
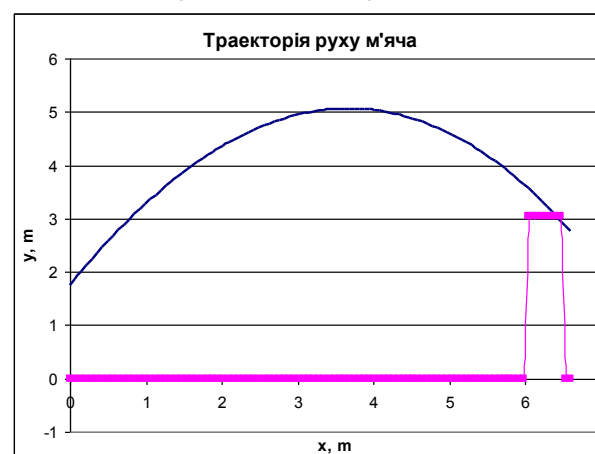


Рис. 6. «Переліт» м'яча при $v_0 = 9,6 \text{ м/с}$, $\alpha_0 = 45^\circ$



а) $v_0 = 9,2 \text{ м/с}$, $\alpha_0 = 45^\circ$



б) $v_0 = 9,6 \text{ м/с}$, $\alpha_0 = 60^\circ$

Рис. 7. «Влучна» траєкторія руху м'яча

Разом з тим, така візуальна оцінка є приблизною і дозволяє сформулювати лише попередні висновки щодо результатів віртуального дослідження. Формулювання остаточних висновків здійснюється за допомогою перевірки виконання критеріїв (9). На малюнку (рис. 8) у стовпцях I-L (заголовки «K1-K4») представлено результати перевірки виконання окремих критеріїв. Стовпець M (заголовок «Результат») містить перевірку одночасного виконання критеріїв «K1-K4» у момент часу t_i . Відповідні розрахунки виконуються за формулами:

=ЕСЛИ(G21>\$B\$8;1;0), =ЕСЛИ(D21<0;1;0),
 =ЕСЛИ(И(F21>\$A\$16+\$D\$11/2;F21<\$A\$17-\$D\$11/2);1;0),
 =ЕСЛИ(ABS(G21-\$B\$8)<\$D\$11/2;1;0),
 =ЕСЛИ(И(I21=1;J21=1;K21=1;L21=1);1;0).

Виділені комірки у стовпцях I-L сигналізують про виконання вимог відповідного критерію у момент часу t_i , а підсвічені комірки у стовпці M свідчать про одночасне виконання вимог всіх критеріїв у момент часу t_i .

Наявність принаймні одного позитивного значення у стовпці «Результат» (рис. 8, комірки M113:M115) означає, що при даних вхідних параметрах моделі (рис. 2) м'яч гарантовано потрапляє до кошика.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	i	ti, c	vxi, м/с	vyi, м/с	vi, м/с	xi, м	yi, м	ук_i, м	K1	K2	K3	K4	Результат	
20														
21	0	0	6,505382	6,505382	9,2000	0,00000	1,75	0						
22	1	0,011	6,492897	6,384987	9,1064	0,07156	1,821559206	0						
23	2	0,022	6,480563	6,264948	9,0137	0,14298	1,891794068	0						
24	3	0,033	6,468378	6,145258	8,9221	0,21427	1,9607085	0						
25	4	0,044	6,456339	6,025911	8,8315	0,28542	2,028306342	0						
26	5	0,055	6,444444	5,906899	8,7420	0,35644	2,09459136	0						
27	6	0,066	6,432692	5,788217	8,6535	0,42733	2,159567252	0						
28	7	0,077	6,42108	5,669859	8,5661	0,49809	2,223237641	0						
29	8	0,088	6,409606	5,551817	8,4797	0,56872	2,285606086	0						
30	9	0,099	6,398268	5,434086	8,3945	0,63923	2,346676073	0						
112	91	1,001	5,714714	-3,54038	6,7225	6,08608	3,167238338	3,05						
113	92	1,012	5,7067	-3,64332	6,7705	6,14894	3,128294177	3,05						
114	93	1,023	5,69864	-3,74609	6,8197	6,21171	3,08821762	3,05						
115	94	1,034	5,690533	-3,84867	6,8698	6,27440	3,047010655	3,05						
116	95	1,045	5,682378	-3,95106	6,9210	6,33699	3,004675302	3,05						
117	96	1,056	5,674174	-4,05327	6,9732	6,39950	2,96121361	3,05						
118	97	1,067	5,66592	-4,15528	7,0263	6,46191	2,916627655	3,05						
119	98	1,078	5,657615	-4,2571	7,0804	6,52424	2,870919546	0						
120	99	1,089	5,649259	-4,35872	7,1353	6,58647	2,824091424	0						
121	100	1,1	5,64085	-4,46015	7,1911	6,64861	2,776145456	0						

Рис. 8. Результати перевірки виконання критеріїв «К1-К4» та підсумкового результату моделювання «Результат»

Комірка D5 (рис. 2) має значення =ЕСЛИ(СУММ(M21:M121)>0;1;0). В залежності від результату, фон комірки змінюється, наприклад, з червоного на зелений, а у сусідній комірці E5 з'являється повідомлення «Влучив» або «Не влучив» (рис. 9).

D5	=ЕСЛИ(СУММ(M21:M121)>0;1;0)				
	D	E	F	G	H
4	Результат моделювання	m=		0,68 кг	
5		Влучив	Cd=	0,47 для сфери	
6			го=	1,213 кг/м3	

Рис. 9. Візуальний індикатор результатів моделювання

Таким чином, вище розкриті особливості методики побудови ММ механічного руху тіла у щільному середовищі та її комп'ютерної реалізації з використанням електронних таблиць MS Excel, що використовується на лабораторних заняттях під час викладання дисципліни «Основи математичного моделювання» на третьому курсі інженерно-технологічного факультету Полтавської державної аграрної академії.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок. Запропонована методика дозволяє на лабораторних заняттях проводити різноманітні обчислювальні експерименти, змінюючи вихідні параметри моделі (початкове положення тіла і розташування цілі, їх геометричні розміри, початкова швидкість тіла і кут до горизонту, щільність середовища та прискорення сили тяжіння), тобто досліджувати механічний рух тіла у гіпотетичних умовах, які складно реалізувати на практиці. У такий спосіб забезпечуються сприятливі умови для розвитку у студентів логічного мислення, мотивації до вивчення математичних дисциплін, кращому засвоєнню їх основних теоретичних положень, зацікавленості у навчанні, формуванню навичок дослідницької діяльності тощо.

Розглянута методика поєднує елементи математичного, комп'ютерного, імітаційного моделювання, обчислювального експерименту, що дозволяє наочно проілюструвати ці поняття. Вона спирається на необхідний мінімальний рівень знань з дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Комп'ютерна техніка» і «Прикладна математика». Модель враховує дію сили тяжіння та опір повітря, але не враховує інші ефекти, пов'язані із рухом тіла у щільному середовищі, зокрема, ефект Магнуса [1], що виникає в наслідок поступально-обертального руху тіла у щільному середовищі. Урахування вказаних ефектів суттєво впливає на результати випробування, тому дана

модель, хоч вона і є більш реалістичною, ніж модель представлена у [3], має перспективи подальшого дослідження, удосконалення та розробки відповідної методики її вивчення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алешкевич В. А. Курс общей физики. Механика / В. А. Алешкевич, Л. Г. Деденко, В. А. Караваев ; под ред. В. А. Алешкевича. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 472 с.
2. Горбачёва А. И. Решение задач по моделированию в MICROSOFT EXCEL / А. И. Горбачёва, А. Н. Смирнова, Н. В. Потехин // Информатика и образование. – 2008. – № 3. – С. 34-40.
3. Горда І. М. Комп'ютерне моделювання процесу механічного руху тіла засобами MS Excel / І. М. Горда, Л. О. Флегантов // Інформаційні технології і засоби навчання: електронне фахове видання [Електронний ресурс] / Ін-т інформ. технологій і засобів навчання НАПН України, Ун-т менеджменту освіти НАПН України; гол. ред.: В.Ю. Биков. – 2015. – № 3 (47). – Режим доступу <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1245>. – Заголовок з екрану.
4. Дубовик В. П. Вища математика : [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / В. П. Дубовик, І. І. Юрик. – 4-те вид. – К. : Ігнатекс-Україна, 2013. – 648 с.
5. Калапуша Л. Р. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів: [навч. посіб.] / Л. Р. Калапуша, В. П. Муляр, А. А. Федонюк ; Волинськ. нац. ун-т ім. Л. Українки. – Луцьк : Вежа, 2007. – 190 с.
6. Калиткин Н. Н. Численные методы : в 2 кн. / Н. Н. Калиткин, П. В. Корякин. – Кн. 2. Методы математической физики. – М. : Академия, 2013. – 304 с.
7. Ключко В. І. Вища математика. Звичайні диференціальні рівняння (з комп'ютерною підтримкою) : [навчальний посібник] / В. І. Ключко, З. В. Бондаренко. – Вінниця, 2013. – 248 с.
8. Пузанкова Л. М. Решение типовых математических задач средствами Microsoft Excel: [учебно-методическое пособие] / Л. М. Пузанкова, Г. А. Стеклова, Т. П. Трандафилова. – ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб., 2009. – 41 с.

Флегантов Л. А., Канивец И. М. Моделирование движения тела в плотной среде средствами MS Excel.

Статья посвящена вопросам обучения основам математического моделирования студентов инженерных специальностей. Рассматривается построение, компьютерная реализация и исследования учебной математической модели механического движения тела, брошенного под углом к горизонту в заданном направлении. Предложенная модель учитывает влияние геометрических параметров тела и плотности среды. Для ее компьютерной реализации используются электронные таблицы MS Excel. В статье описано как создать компьютерную модель и с ее помощью имитировать процесс механического движения тела в плотной среде, проводить вычислительные эксперименты, изменяя начальное и конечное положение тела, геометрические размеры тела и цели, начальную скорость и угол, ускорение силы тяжести и плотность среды, что позволяет исследовать движение тела в гипотетических условиях. Уделено внимание вопросам визуализации результатов моделирования и организации интерфейса пользователя модели. Использование предлагаемой методики способствует развитию у студентов логического мышления, лучшему усвоению теоретических положений основ математического моделирования и родственных дисциплин, мотивации к изучению дисциплины, заинтересованности в обучении, формированию навыков исследовательской деятельности.

Ключевые слова: механическое движение тела; математическая модель; методика; компьютерное моделирование; имитационное моделирование; использование MS Excel.

Flephantov L.O., Kanivets I.M. Modeling motion of body in a dense medium via MS Excel.

The article is devoted to learning the basics of mathematical modeling of students of engineering specialties. The creation, computer implementation and research of training mathematical model of the mechanical movement of the body thrown at an angle to the horizon in a given direction are considered. The proposed model takes into account the influence of the geometric parameters of the body and the density of the medium. For its computer implementation using MS Excel spreadsheets. This article describes how to create a computer model and use it to simulate the process of mechanical movement of the body in a dense medium, to conduct computational experiments, changing the start and end position of the body, the geometric dimensions of the body and goals, initial velocity and angle, acceleration due to gravity and density of the medium that It allows you to explore body movement in hypothetical terms. Paying attention to the visualization of the simulation results and the organization of the user interface model. Using the proposed method contributes to the students' logical thinking, better assimilation of theoretical propositions based on mathematical modeling and related disciplines, motivation to learn discipline, interest in learning, development of skills of research activity.

Keywords: mechanical motion of body; mathematical model; technique; computer modeling; imitation modeling; using MS Excel.