

Лисенков В. Ю.

(НТУ «ХПІ», м. Харків)

**СИСТЕМАТИЗАЦІЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДАНИХ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ІМПУЛЬСНОГО УЩІЛЬНЕННЯ В
РАМКАХ МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ**

E-mail: akumanec@gmail.com

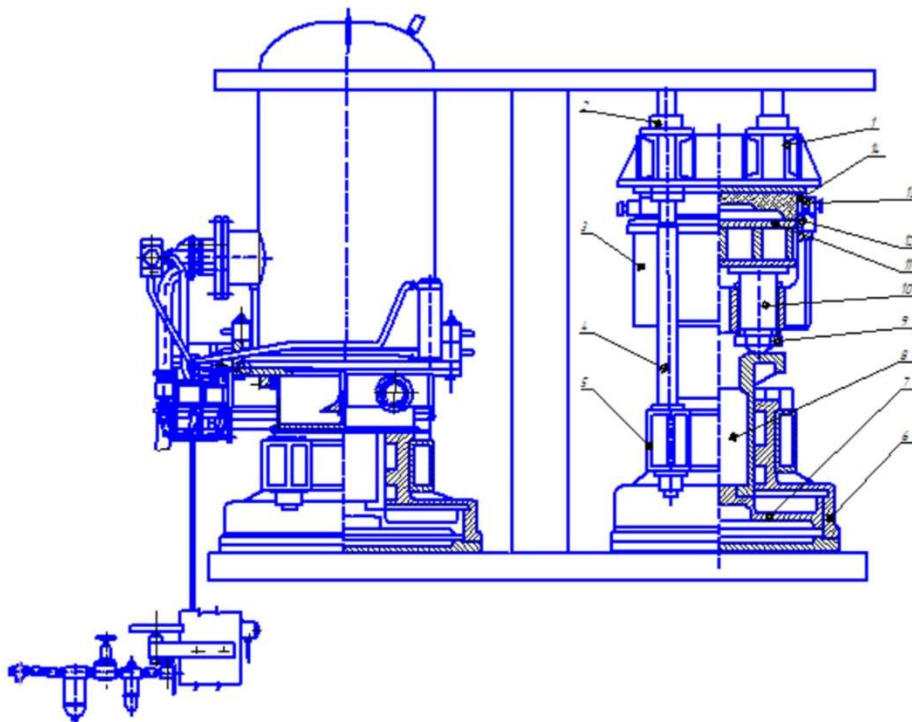
Струшуючі формувальні машини, які досі використовуються в ливарних цехах, морально застарілі та не забезпечують виготовлення якісних форм, до того ж вони малопродуктивні та вибагливі для обслуговування. Через неможливість отримувати стабільні задані розміри виливків, що виготовляються в піщаних формах з ущільненням на струшуючих машинах, та неможливість отримання чистих поверхонь, використовують завищені припуски на механічну обробку. Це збільшує витрату металу та підвищує ймовірність утворення внутрішніх дефектів усадкового походження. До того ж, чисті поверхні виливків при струшуванні не досягаються навіть при застосуванні спеціальних складів формувальних сумішей.

Найбільш якісним вважається метод пресування під високим питомим тиском на пресових машинах з гідравлічним та пневматичним приводами. Вони високопродуктивні, безшумні у роботі, але з специфічності самого процесу пресування жорстким елементом, ця технологія застосовується лише за виготовленні низьких і простій конфігурації деталей. Натомість при виготовленні високих форм значна частина зусилля втрачається на переущільнення об'єму суміші над моделлю, і це вимагає складного та громіздкого гідро- та пневмообладнання, привод якого має забезпечувати високі значення тиску. Відповідно, при високих тисках пресування доводиться збільшувати жорсткість оснастки та самої машини.

Зважаючи на такі недоліки, найбільш перспективним є імпульсний метод ущільнення суміші. Незважаючи на винахід цього способу ще в 60-х роках минулого сторіччя, даний процес почав широко використовуватися відносно недавно, причому реалізується в сучасних автоматичних лініях відомих світових виробників ливарного обладнання. Але, зважаючи на високу конкуренцію на

світовому ринку обладнання, вони не оприлюднюють усю необхідну інформацію для відтворення конструкцій та технологій. Тому актуальними є дослідження, які можуть бути практично корисними для виробництва в Україні. Серед таких досліджень – розвиток концепції модернізації існуючого струшуючого, струшуючо-пресового та навіть пресового обладнання шляхом заміни струшуючих вузлів імпульсним обладнанням. Остання включає в себе імпульсну камеру та пневмосистему.

Одне з таких готових рішень, що стосується модернізації формувальної струшуючо-пресової машини 703М шляхом установки імпульсного блоку та відповідного устаткування задля автоматизації процесів виготовлення форм наведене в роботі [1]. Іншим концептуальним рішенням може бути модернізація пресової машини ПФ-5 (рис. 1), яка запропонована в рамках авторських досліджень за тематикою «Синтез оптимальних конструкторсько-технологічних рішень для вдосконалення систем імпульсної формовки».



1 – траверса верхня, 2 – гайка, 3 – стіл, 4 – колона, 5 – траверса нижня, 6 – циліндр пресовий, 7 – поршень пресовий, 8 – стіл проміжний, 9 – гайки регулюючі, 10 – стакан, 11 – плита модельна, 12 – штирі направляючі, 13 – опока

Рис. 1. Концептуальне рішення щодо модернізації пресової машини ПФ-5

Позиція імпульсної формовки вказана на рис. 1 зліва. Таке рішення може бути доречним для двопозиційних машин та цей принцип знайшов відображення в конструкції автоматичної лінії імпульсної формовки НДІ «УкрНДІЛивмаш» (м. Харків, Україна).

Але для того, щоб реалізувати рішення з модернізації шляхом установки імпульсного обладнання, треба мати адекватні математичні моделі, що пов'язують конструкційні та технологічні параметри. Для цього необхідні експериментальні дані необхідної кількості, отримані на реальному імпульсному обладнанні. Такі первинні дані потребують систематизації для наступної початкової статистичної обробки та подальшого математичного моделювання та оптимізації конструкторсько-технологічних рішень. За такі первинні дані обрані ретроспективні дані експериментів, представлених в роботі [2]. Нижче в таблицях представлено авторську систематизацію цих даних. В табл. 1 наведено характеристики процесу ущільнення в залежності від геометрії щілин, в табл. 2, 3 – показники твердості форм.

Таблиця 1 – Характеристики процесу ущільнення залежно від геометрії щілин

№ досліджу	Величина щілини по роз'єму опоки, мм		$F_{щ}/F_0$	Кількість суміші, викинутої з опоки, %	Твердість суміші, од.	
	h_1	h_2			з ущільнювачем	з щілиною
1	0	0,5	0,58	1,34	82	76
2	0	1	1,24	3,84	82	73
3	0,5	0	0,58	0	82	82
4	1	0	1,24	0	82	79
5	2	0	2,49	0,4	82	76
6	3	0	3,42	0,7	82	76
7	4	0	4,67	0,8	82	75
8	5	0	5,84	1,15	82	72
9	10	0	12,42	2,2	82	72
10	12,5	0	14,45	3,1	82	66

Таблиця 2 – Показники твердості форми при використанні шпон

Координата по висоті наповнюваної рамки, Н, мм	Твердість форми, од., для розміру шпон, мм		
	0	15	23
0	—	83	82
50	80	76	74
100	76	76	74
150	75	76	80
200	72	73	80
250	70	—	—
300	59	64	75
350	—	66	75
400	—	—	—

Таблиця 3 – Твердість форми по ладу для різного пікового тиску на суміш

Піковий тиск на суміш, p , МПа	Твердість форми, од., для висоти опоки, мм			
	130		400	
	венти відсутні	площа вент 1 %	венти відсутні	площа вент 1 %
0,25	—	—	77	78
0,3	—	75	—	—
0,55	—	—	83	85
0,6	—	—	85	—
0,7	—	78	—	—
0,75	—	—	—	—
0,8	—	—	—	—
0,85	72,5	—	—	84,5
0,9	74,5	—	—	—
1,0	—	79,5	82,5	83
1,1	77,5	—	—	—
1,15	—	—	84,5	—
1,2	77,5	81	85	85
1,25	—	82	—	—
1,3	78	—	—	86,5
1,4	—	—	87	87,5
1,5	79,5	—	87	—
1,6	—	85	87,5	87,5
1,7	83	—	—	87,5

В таблицях 4–7 наведені дані щодо тиску в системі (МПа) за різної висоти опок. Прийняті наступні позначення: p_1 – тиск в камері, p_2 – тиск на суміш, p_3 – тиск на вентах. Площа вент прийнята 1 %.

Таблиця 4 – Кінетика тиску в технологічній системі за начального тиску в камері $p_{10}=0,89$ МПа та за висоти опоки $H=400$ мм

Час процесу t , с, за величину тиску, МПа					
p_1	t	p_2	t	p_3	t
0,89	0	0	0	0	0
0,8	0,0025	0,05	0,0025	0	0,0025
0,7	0,006	0,09	0,006	0	0,006
0,6	0,012	0,135	0,012	0	0,012
0,3	0,02	0,1	0,02	0,01	0,02
0,2	0,026	0,075	0,026	0,015	0,026
0,135	0,03	0,07	0,03	0,02	0,03
0,12	0,031	0,065	0,031	0,022	0,031
0,1	0,04	0,062	0,04	0,3	0,04
0,095	0,055	0,062	0,055	0,04	0,055
0,09	1	0,062	1	0,045	0,06
0,08	–	0,062	1,9	0,042	0,1
0,06	–	0,062	2	0,04	1
0,05	–	0,03	2,2	0,03	2,2
0,04	–	0,015	2,25	0,015	2,25
0,03	–	0,01	2,3	0,01	2,3
0	–	0	2,4	0	2,4

Загальний час видалення відпрацьованого повітря (t_{Σ}) складає 2,4 с.

Таблиця 5 – Кінетика тиску в технологічній системі за начального тиску в камері $p_{10}=0,65$ МПа та за висоти опоки $H=400$ мм

Час процесу t , с, за величину тиску, МПа					
p_1	t	p_2	t	p_3	t
0,65	0	0	0	—	0
0,57	0,0025	0,04	0,0025	—	0,0025
0,45	0,004	0,065	0,004	—	0,004
0,35	0,01	0,085	0,01	0	0,01
0,27	0,015	0,088	0,015	0,06	0,015
0,17	0,02	0,077	0,02	0,013	0,02
0,11	0,025	0,06	0,025	0,015	0,025
0,1	0,03	0,05	0,03	0,025	0,03
0,099	0,04	0,042	0,04	0,026	0,04
0,097	0,05	0,038	0,05	0,0255	0,05
0,096	0,06	0,037	0,06	0,0255	0,06
0,095	0,07	0,036	0,07	0,025	0,07
0,094	0,08	0,035	0,08	0,025	0,08
0,093	0,09	0,034	0,09	0,025	0,09

Таблиця 6 – Кінетика тиску в технологічній системі за начального тиску в камері $p_{10}=1$ МПа та за висоти опоки $H=130$ мм

Час процесу t , с, за величину тиску, МПа					
p_1	t	p_2	t	p_3	t
1	0	0	0	0	0
0,88	0,005	0,03	0,005	0,02	0,005
0,77	0,01	0,05	0,01	0,03	0,01
0,55	0,02	0,07	0,02	0,05	0,02
0,28	0,025	0,115	0,025	0,07	0,025
0,21	0,03	0,14	0,03	0,085	0,03
0,2	0,035	0,17	0,035	0,12	0,035
0,2	0,04	0,165	0,04	0,13	0,04
0,2	0,06	—	0,06	0,125	0,06
0,19	0,08	0,16	0,08	—	0,08
0,188	0,15	0,15	0,15	0,124	0,15
0,05	1,2	0,04	1,2	0,03	1,2
0,03	1,3	0,02	1,3	0,01	1,3

Таблиця 7– Кінетика тиску в технологічній системі за начального тиску в камері $p_{10}=0.4$ МПа та за висоти опоки $H=130$ мм

Час процесу t , с, за величину тиску, МПа					
p_1	t	p_2	t	p_3	t
0,4	0	0	0		0
0,3	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01
0,2	0,015		0,015	0,02	0,015
0,125	0,02	0,039	0,02		0,02
0,1	0,025	0,041	0,025	0,04	0,025
0,1	0,03	0,06	0,03	0,04	0,03
0,099	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04
0,098	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05
0,097	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06
0,096	0,07	0,06	0,07	0,04	0,07
0,095	0,08	0,06	0,08	0,04	0,08
0,093	0,09	0,06	0,09	0,04	0,09
0,091	0,1	0,06	0,1	0,04	0,1
0,09	0,11	0,06	0,11	0,04	0,11
–	0,14	0,06	0,14	0,04	0,14
0,086	0,15	0,06	0,15	0,04	0,15
0,075	0,9	0,03	0,9	0,02	0,9
0,045	1,0	–	1,0	–	1,0

В табл. 8, 9 наведені дані щодо профілю суміші при ущільненні, а в табл. 10 – залежності твердості суміші в опоці від висоти опоки.

Таблиця 8 – Профіль суміші по висоті опоки $H=400$ мм

Номер шару	Висота суміші в опоці для поточної координати по діаметру, мм					
	0	45	50	58	65	75
1	63	60	–	–	–	–
2	137	–	120	–	–	–
3	200	–	–	170	–	–
4	265	–	–	–	235	–
5	338	–	–	–	–	300

Таблиця 9 – Профіль суміші по висоті опоки Н=130 мм

Номер шару	Висота суміші в опоці для поточної координати по діаметру, мм					
	0	15	20	22	25	30
1	25	20	—	—	—	—
2	45	—	37	—	—	—
3	68	—	—	50	—	—
4	83	—	—	—	75	—
5	110	—	—	—	—	100

Таблиця 10 – Залежність твердості суміші в опоці від висоти опоки

Твердість суміші	Висота суміші в опоці, мм для різного співвідношення висоти карманів (Н) та ширини карманів (В)			
	Н/В=1	Н/В=4	Н/В=6	Н/В=8
0	320	—	—	—
22	—	—	—	0
30	—	—	—	20
35	—	—	—	—
40	—	—	—	40
47	—	—	—	60
55	—	—	—	80
59	—	—	0	—
60	300	—	20	—
61	—	—	40	100
65	—	—	60	—
67	—	—	80	—
70	245	20	100	—
71	—	40	—	—
72	—	—	—	120
73	200	—	120	—
74	—	60	—	—
75	—	120	—	—
77	150	—	—	—
80	50	—	—	—
82	0	0	—	—

На рис. 1 представлено осцилограми тиску в системі, а на рис. 2 – профілі шарів суміші в формі при ущільненні.

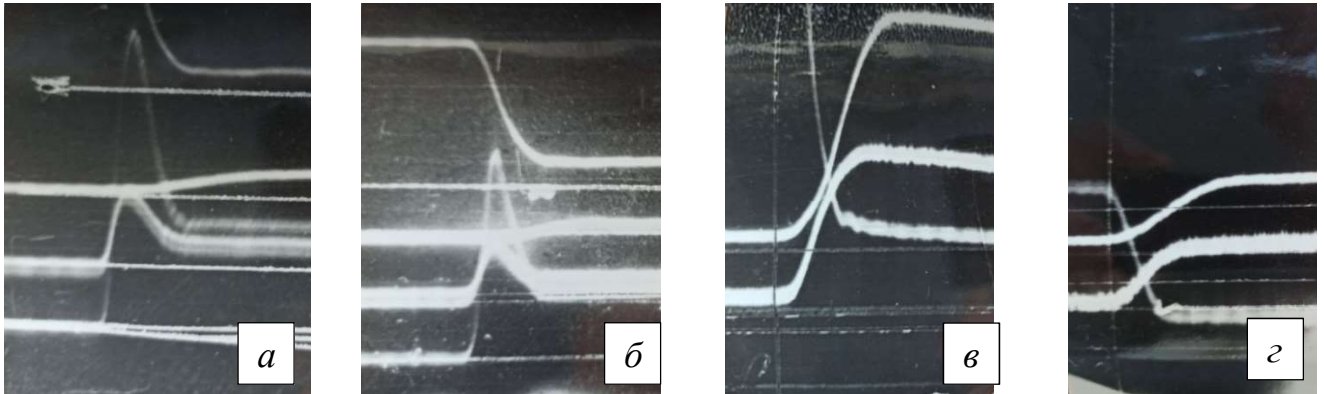


Рис. 1. Осцилограми тиску в системі ($p_{10}=0,89$ МПа, $H=400$ мм) (а), ($p_{10}=0,65$, $H=400$ мм) (б), $p_{10}=1$ МПа, $H=130$ мм) (в), ($p_1=0,4$ МПа, $H=130$ мм) (г) [2]

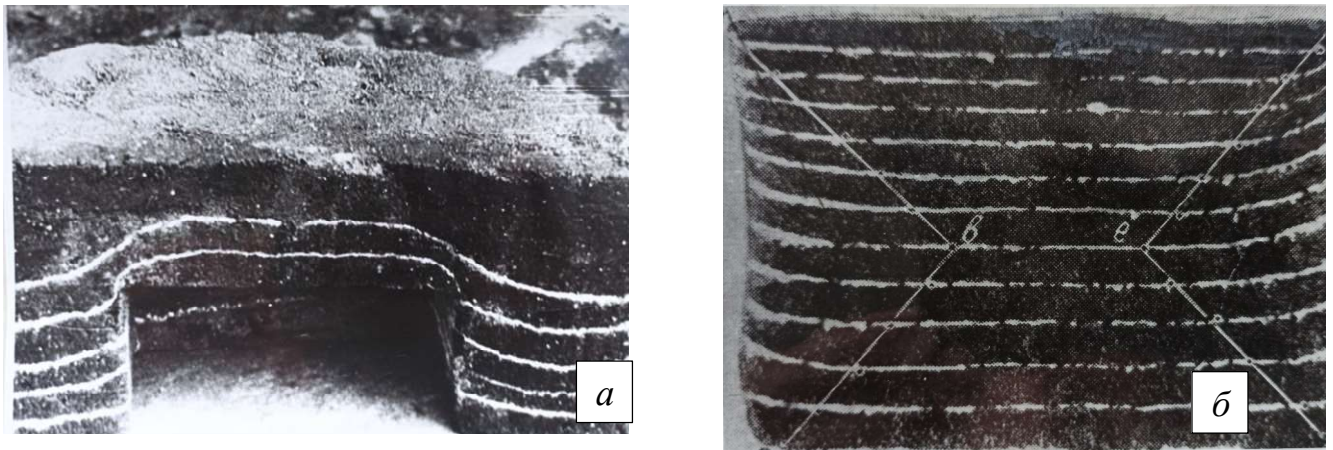


Рис. 2. Профілі шарів суміші в формі при ущільненні імпульсним методом (а) та пресуванням жорсткою колодкою (б) [2]

Систематизовані дані, наведені в табл. 1–10 та на рис. 1, 2, мають вигляд, придатний для статистичної обробки та розробки математичних моделей для визначення оптимальних конструкторсько-технологічних рішень з модернізації формувальних машин.

Література

1. Дьомін, Д. А. Синтез системи управління імпульсним формоутворенням в процесі модернізації струшуючо-пресової формувальної машини [Текст] /

Д. А. Дьомін // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – 2013. – № 70. – С. 105-114.

2. Кириченко А., Манакин А., Яшин П., Ткаченко В. Розробка технології та необхідного технологічного обладнання для виготовлення форм та стрижнів з використанням імпульсних навантажень. Звіт з науково-дослідної роботи №17-8797, м. Краматорськ, 1966.

Мазур В. Л.
(ФТІМС НАН України, Київ)
СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ ПОВОЄННОГО РОЗВИТКУ ГІРНИЧО-
МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ
E-mail: prof.vlm@ukr.net

У стратегічному і практичному аспектах проаналізовано наявні виробничі потужності, технічний стан і можливості, перспективи та шляхи відновлення потенціалу гірничо-металургійного комплексу (ГМК) України у повоєнний період. Показано, що проблема відродження потенціалу і працездатності ГМК України, як головного фінансового донора держави, у повоєнний період вийде на перший план. На першому етапі відновлення виробничого потенціалу ГМК України докорінних змін, зрушень, удосконалення складу обладнання і технології металургійного циклу не відбудеться. Основним технологічним маршрутом виробництва сталі залишиться доменна піч – конвертер – прокатний стан. Відповідальні задачі щодо забезпечення металовиробами інфраструктури України будуть покладені на ливарне виробництво. Показано, що фактором, стимулюючим розвиток ливарного виробництва в Україні, є наявність ресурсу металобрухту для виплавлення синтетичного чавуну в індукційних печах. Стратегія відродження розвитку гірничо-металургійного комплексу України у повоєнний період має передбачати декілька етапів. Спочатку необхідно шляхом реалізації вкрай потрібних короткотермінових і відносно маловартісних заходів, організувати на потужностях діючих підприємств виробництво металопродукції для відбудови інфраструктури держави. Подальші етапи розвитку ГМК мають одночасно передбачати