

вариации  $H_k$  добиться устойчивой работы), далее при увеличении  $F_M$  появляется зона устойчивой работы: сначала в узком диапазоне  $H_k$ , затем этот диапазон расширяется. При малых значениях  $\alpha$  ( $\alpha = 1 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/сек) область устойчивости не имеет разрывов. Характерно, что с увеличением  $F_M$  допуск на  $H_k$  сначала уменьшается, затем на длительном участке изменения  $F_M$  остается практически неизменным, а

затем начинает медленно возрастать. При увеличении  $d_k$  допуск на  $H_k$  сужается, убывая практически по гиперболе (рис. 11).

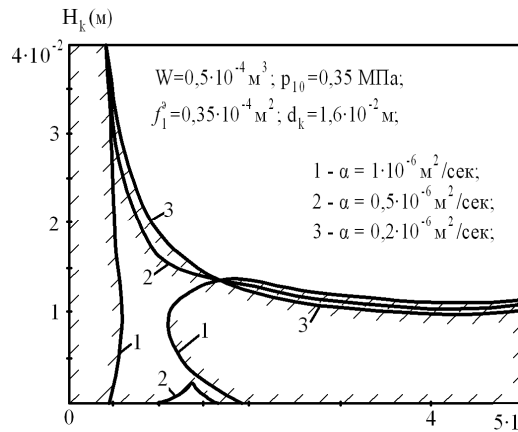


Рис. 10. Области устойчивости

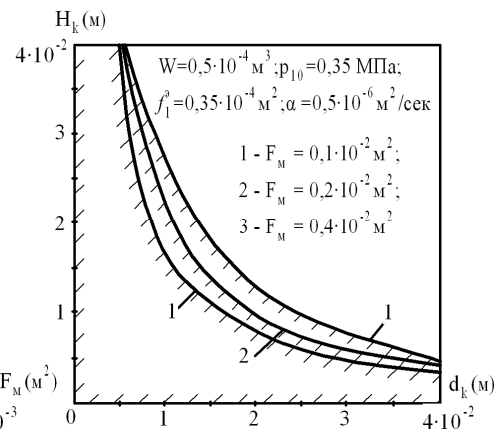


Рис. 11. Области устойчивости

**Заключение.** Построение областей устойчивости дает наглядную картину влияния параметров РК на устойчивость. Информацию о поведении системы в переходном режиме внутри области мы можем получить, построив кривые равного качества переходного процесса. Предложенный метод и полученные результаты полезны при проектировании электропневматических преобразователей, которые становятся всё более востребованными в качестве интерфейсных устройств в электропневматических системах.

**Список литературы:** 1. Залманзон Л.А. Об учёте влияния нелинейности характеристик глухих камер пневморегуляторов на процесс регулирования // Автоматика и телемеханика. – 1955. – № 5.2. Теория автоматического управления. Ч. I. Теория линейных систем автоматического управления. Под ред. А.А. Воронова – М.: В. Шк.. – 1977.

Поступила в редколлегию 15.02.2012

УДК 621.74.043:669.795

**Ю.В. ДОЦЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НМетАУ, Днепропетровск,  
**В.Ю. СЕЛИВЕРСТОВ**, докт. техн. наук, проф., НМетАУ, Днепропетровск,  
**В.В. МАЦИЙЧУК**, инж., ВТ "Интерметалл", Одесса  
**С.В. МАЛЫХ**, канд. экон. наук., доц., ОНПУ, Одесса

## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК СПОСОБОМ ЛИТЬЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

За допомогою розробленої методики проведено аналіз групи машин лиття під тиском і виявлена модель машини, показники якої найбільш конкурентоспроможні у своїй групі в даний час.

**Ключові слова:** машина лиття під тиском, гіпотетичний інноваційний зразок, конкурентоспроможність.

С помощью разработанной методики проведен анализ группы машин литья под давлением и выявлена модель машины, показатели которой наиболее конкурентоспособны в своей группе в настоящее время.

**Ключевые слова:** машина литья под давлением, гипотетический инновационный образец, конкурентоспособность.

Using the developed methodology the analysis of the group of die casting machines and the machine model, indicators of which are the most competitive in their group at the present time.

**Keywords:** machine of moulding under pressure, a hypothetical innovative design, competitiveness.

## Введение

Одним из основных компонентов экспорта Украины являются литые изделия. Однако причиной высокого показателя объема сбыта является, в основном, низкая цена. В Украине при производстве отливок издержки на материалы, рабочую силу, расходы на обслуживание, амортизацию значительно ниже, чем в странах Западной Европы. Поэтому имеется существенная разница в средних ценах за 1 тонну отливок, производимых в Великобритании и в Украине. Средняя рыночная стоимость одной тонны литья приведена в таблице 1.

Таблица 1. Средняя рыночная стоимость одной тонны литья

Метод производства отливки	Материал отливки	Средняя рыночная стоимость 1 т литья, USD	
		Великобритания	Украина
В песчаные формы (ПФ)	Серый чугун (СЧ)	1863	807
	Высокопрочный чугун (ВЧ), (КЧ)	2350	990
	Сталь углеродистая (СУ)	4563	1013
В металлические формы под давлением (ЛПД)	Алюминиевые сплавы (АС)	7075	3065
Центробежное литье труб (ЦЛ)	Высокопрочный чугун (ВЧ)	1813	н/д
В керамические формы по выплавляемым моделям	Легированная сталь (ЛС) и алюминиевые сплавы (АС)	32180	5774
Литье в кокиль (ЛК)	Высокопрочный чугун (ВЧ)	н/д	1407
	Алюминиевые сплавы (АС)	4952	н/д
	Серый чугун (СЧ)	н/д	1689
ЛГМ	Высокопрочный чугун (ВЧ)	н/д	2000

В таблице 2 приведен объем выпуска по видам сплавов. Из таблицы 2 видно, что при общем производстве отливок 1018 тыс. тонн объем выпуска алюминиевых отливок составляет 18 тыс. тонн и других цветных сплавов 9 тыс. тонн, т.е. соответственно 1,8 % и 0,9% - самый низкий уровень в процентном

соотношении среди представленных стран. Открываются перспективы разработок в данном направлении, т.к. названные сплавы используются при литье под давлением. Этот способ литья является одним из передовых методов получения высококачественных отливок и будет представлен как объект исследования в данной работе.

### Анализ предыдущих публикаций

Качество литья, выпускаемого в Украине, обычно существенно ниже, чем в странах Западной Европы. Для повышения продаж в денежном выражении необходима не только конкурентоспособная цена, но и сопоставимый либо превышающий уровень качества, который, в частности, достигается за счет возможности использования новых технологий литья [1-5].

Таблица 2. Объем выпуска по видам сплавов

Государство	Объем выпуска, тыс. т	Объем выпуска по видам сплавов, тыс. т					
		СЧ	ВЧ	КЧ	С	АС	ЦС
Германия	4542	2180	1316	40	156	645	79
Франция	2665	1282	869	8,3	133	349	35
Италия	2425	1019	406	12,3	78	679,6	96
Великобритания	1452	699	454	22	90	116	35
Украина	1018	681	23	27	260	18	9

Инновации в виде новых конкурентоспособных технологий и товаров обеспечивают до 90% увеличение ВВП промышленно развитых странах мира. Финансирование научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работах (НИОКР), продуктом которых являются инновации в указанных странах, складывается из 2 источников: 3-4% ВВП через бюджетное финансирование и 15% от годового оборота фирмы. Средняя затратная цена изобретений в Украине приблизительно на порядок ниже, чем в странах Западной Европы или США. Показатели инновационного процесса в экономике приведены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели инновационного процесса в экономике

Наименование страны и ее инновационных показателей	Украина	Россия	Германия	США
Затраты на НИОКР по отношению в ВВП, %	0,32	1,05	2,4	2,6
Затраты на НИОКР предприятиями от их оборота, %	<1	4	15	15
Доля инновационной продукции в машиностроении, %	7	6,9	100	100
В т. ч. экспортном, %	27,3	23,7	100	100
Рентабельность в промышленности	4,8	6	15	20
Доля наукоемкой продукции в промышленности, %	<0,3	0,3	<12	12
Коэффициент изобретательности (количество изобретений на 1 млн. населения)	117	169	652	599
Готовность изобретений от национальных заявителей к использованию (изготовление опытных образцов, апробация, рыночная оценка)	низкая	низкая	высокая	высокая

Таким образом, возможность использования недорогой интеллектуальной собственности может стать конкурентным преимуществом при разработке инновационных продуктов.

Методики рыночной оценки промышленного продукта в качестве инновационного пока разработаны недостаточно, что затрудняет их практическое использование.

**Целью работы** является разработка метода оценки эффективности получения отливок способом литья под высоким давлением

**Основной материал**

Предлагается количественно оценивать изобретения в составе инновационного продукта по уровню достигнутого положительного технического эффекта  $K_{ПЭ}$  от нового технического решения с использованием таблицы 4.

Таблица 4. Коэффициент достигнутого положительного технического эффекта в инновационном продукте

Достигнутый эффект	Значение $K_{ПЭ}$
Изобретение улучшает <u>второстепенные</u> _____ технические характеристики, которые не являются определяющими для инновационного продукта (процесса): - одну характеристику - несколько характеристик	0,1 0,2
Улучшение основных технических характеристик, являющихся определяющими для инновационного продукта (процесса): - одной характеристики: - нескольких характеристик	0,5 0,6
Достижение <u>качественно новых</u> технических характеристик инновационного продукта (процесса)	0,7
Получение нового инновационного продукта (процесса), обладающего более высокими основными техническими характеристиками, чем аналоги, представленные на внутреннем рынке Украины	0,8
Получение нового инновационного продукта (процесса), обладающего более высокими основными техническими характеристиками, чем аналоги, представленные на внешнем рынке	1

На основе проведенного анализа было определено, что наиболее эффективным и перспективным направлением литейного производства является литье под давлением. Предлагаемая методика по оценке конкурентоспособности технической продукции на примере машин литья под давлением является актуальной в условиях перехода к рыночной экономике.

После распада СССР в Украине не оказалось не только ряда предприятий, которые выпускают металлорежущие станки, но и другого машинотехнического оборудования, например, машин литья под давлением (ЛПД). Эти машины

широко применяются в промышленно развитых странах мира, а также в странах СНГ для изготовления отливок преимущественно из алюминиевых сплавов. Такие отливки в отличие от литья в песчаные формы не требуют дополнительной механической обработки поверхности, так как ее шероховатость такая же, что и на деталях после токарной чистовой обработки. Область применения машин ЛПД - автомобилестроение, приборостроение, производство ТНП и др.

В отличие от машин ЛПД, которые производят в странах СНГ машины из стран западной Европы, Японии и США обладают современной системой управления. Российские и молдавские машины ЛПД имеют существенно более низкую цену, однако предприятия-изготовители машин из стран СНГ не прошли сертификацию качества на соответствие международным стандартам ISO 9000.

Таблица 5. Наименования и фактические технические показатели машин ЛПД от фирм-производителей из Германии, Италии, Швейцарии и Японии

Наименование показателей	Технические показатели машин ЛПД, их модели и фирмы-изготовители				
	ДАК200 Freeh	ДМК280 Wotan	280 Triulzi	H250B Buler	ДС 250Л «Тосиба Кикай»
Показатели назначения (усредненные): усилие прессования, кН	265	274	247	279	280
Количество холостых циклов, шт. /год	738	576	689	689	738
- масса заливаемой порции Al сплава, кг	3,2	3,4	3,95	4,3	2,6
- размер плит для размещения пресс-формы, мм	755x755	850x850	840x840	840x840	820x820
~ усилие выталкивания отливки, кг	116,5	136,5	131,5	135	110
<b>Показатели технологичности</b>					
- масса машин, кг	8840	8648	8460	9300	7500
- размеры машин, м	6,15x2,55	5,46x1,5	4,73x1,4	5,8x2,15	5,07x 1,9
<b>Показатель эргономичности</b>					
- возможность работы в полуавтоматическом режиме, %	100	100	100	100	100
<b>Показатель энергосбережения</b>					
- потребляемая насосом мощность, кВт	15,2	14,6	14,8	22	22

Таким образом, если украинское предприятие намерено выпускать отливки для внутреннего рынка, оно обычно покупает машины ЛПД из Молдовы или России. Однако, если украинское предприятие намерено выпускать отливки для инофирм, которые создают совместные предприятия по сборке своих машин в Украине, либо поставлять их на экспорт в качестве инновационной продукции, то приходится покупать более дорогие, но высококачественные машины ЛПД.

Методика оценки конкурентоспособности импортируемой машины может базироваться на двух показателях: интегральном показателе технического уровня ( $K_{ИТ}$ ) и относительной цене ( $C_0$ ).

Уровень качества любого технического объекта характеризуется по состояниям в определенный момент времени с зафиксированной группой характеристик, отражающих его свойства, причем чаще всего указанные характеристики отражают эксплуатационные свойства объекта.

Интегральный технический уровень включает сумму таких показателей. В качестве математической зависимости значения  $K_{ИТ}$  от единичных технических показателей машины ЛПД следует использовать формулу, указанную в таблице 6. Где  $n$  - число групп показателей, ед.;  $a_1$  - показатель качества;  $\beta_i$  - коэффициент весомости;  $g_i$  - величина единичного показателя качества внутри группы;  $M_i$  - число показателей внутри группы.

Максимальная величина  $K_{ИТ}$ , как и сумма коэффициентов весомости  $\beta_i$  внутри каждой группы приняты равными единице. Количество технических показателей ( $M_i$ ) коэффициентов весомости каждого из них ( $\beta_i$ ) и значений единичных показателей ( $g_i$ ) для машин и оборудования в Украине пока не разработаны и не стандартизованы. Поэтому для оценки конкурентоспособности машин ЛПД предлагаются технические показатели, которые обычно фигурируют в рекламных проспектах ведущих производителей машин из стран Западной Европы и Японии.

Для возможности проведения сравнительного анализа машин ЛПД необходим аналог, который имеет наилучшие технические показатели. С этой целью предлагается использовать новый подход посредством построения характеристик «гипотетического инновационного образца», который имеет по всем характеристикам ( $\beta_i$ ) наивысшие показатели и интегральный коэффициент технического уровня ( $K_{ИТ}$ ) равный единице.

Выбор технических характеристик «гипотетического инновационного образца» (ГИО) проводится следующим образом. Для каждого из показателей, которые указаны в табл. 6 и представлены по каждой из машин, при построении ГИО выбирается наиболее высокое из представленной группы значение, включающей пять машин ЛПД. Например, для них усилие прессования составляет ряд показателей, включающих значения: 265, 274, 279 и 280. Для построения характеристики усилия прессования для ГИО принимается то, которое является наилучшим и, как правило, наиболее высоким из всех значений - 280 кН. Исключение составляют показатели, характеризующие массу машины, площадь машины и мощность, потребляемую насосом, которые должны быть минимальными. Таким образом были определены все технические показатели

для ГИО, которые представлены в табл. 6 наряду со значениями групп показателей внутри каждой из групп ( $\beta_i$ ).

Таблица 6. Значения показателей технических характеристик для машин ЛПД и ГИО

№ п/п	Наименования показателей	Коэффициент весомости показателей	Технические значения показателей ГИО
1	Показатели назначения ( $\alpha_1 = 0,5$ )		
1.2	Усилие прессования	0,25	280 кН
1.2	Количество холостых циклов	0,2	728 шт./год
1.3	Масса заливаемой порции ал. сплава	0,25	4,3кг
1.4	Размер плиты для размещения пресс-формы	0,15	850 x 850
1.5	Усилие выталкивания отливки	0,1	136,5 кг
2	Показатели технологичности ( $\alpha_2 = 0,5$ )		
2.1	Масса машин	0,7	7500
2.2	Размеры машин	0,3	4,73 x 1,4
3	Показатель эргономичности ( $\alpha_3 = 0,15$ )		
3.1	Возможность работы в полуавтоматическом режиме	1,0	100 %
4	Показатель энергосбережения ( $\alpha_4 = 0,1$ )		
4.1	Мощность, потребляемая насосом	1,0	14,6 кВт

$$K_{ИТ} = \sum_{i=1}^n \left( \alpha_i \sum_{i=1}^{M_i} \beta_i g_i \right) \quad (1)$$

где: n - число групп показателей, ед.;  $\alpha_i$  - показатель качества;

$\beta_i$  - коэффициент весомости;

$g_i$  - величина единичного показателя качества внутри группы;

$M_i$  - число показателей внутри группы.

Суммируя расчетные значения комплексных показателей, характеризующих назначение, технологичность, эргономичность и расход энергоресурсов было найдено значение интегрального технического уровня для каждой модели машин, что отображено в таблице 7. Из показателей, приведенных в таблице, можно сделать вывод, что наиболее высоким расчетным показателем интегрального уровня обладает машина модели 280 фирмы Triulzi (Италия), которая лишь на 8 % уступает показателю  $K_{ИТ}$  для ГИО.

Таблица 7. Показатели интегрального технического уровня машин литья под давлением

Модуль машин	ДАК 200	ДМК 280	280	Н 250В	ДС 250Л	ГИО
Показатель назначения, ед.	0,418	0,43	0,44	0,067	0,41	0,5
Показатель технологичности, ед	0,18	0,2	0,23	0,11	0,2255	0,25
Показатель эргономичности, ед.	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Показатель энергопотребления, ед.	0,096	0,1	0,099	0,066	0,066	0,1
Интегральный показатель технического уровня	0,84	0,88	0,92	0,793	0,85	1,0

Для определения расчетной и относительной цены импортных машин ЛПД использованы данные об их массе, средней цене за тонну их изготовления, а также массе ГИО. Для расчета относительной цены ( $C_0$ ) принимаем показатель цены для ГИО равным единице. Результаты вычислений проиллюстрированы в таблице 8.

Таблица 8. Расчетная и относительная цена машин литья под давлением

Модель машины	ДАК 200	ДМК 280	280	Н 250 В	ДС 250 Л	ГИО
$C_p$ тыс. USD	361,56	353,7	346	380,37	306,75	306,75
$C_v$ (отн. ед.)	0,85	0,87	0,89	0,8	1,0	1,0

Расчет ведется по формулам:

$$C_T = \frac{C_{cp}}{M_{cp}}, \quad (2)$$

где  $C_{cp}$  – средняя цена импортной машины;  
 $M_{cp}$  – средняя масса машины.

$$C_p = m \cdot C_T, \quad (3)$$

где  $C_p$  – расчетная цена машины;  
 $m$  - масса машины;  
 $C_T$  - средняя цена изготовления 1 т машины.

$$C_0 = \frac{C_{p_{ГИО}}}{C_p}, \quad (4)$$

где  $C_0$  - относительная цена машины;  
 $C_{p_{ГИО}}$  - расчетная цена гипотетического инновационного образца.



По результатам вычислений была построена диаграмма зоны конкурентоспособности машин литья под давлением, где столбцами указаны величины интегрального технического уровня и относительной цены.

Наивысший показатель конкурентоспособности имеет та машина, которая оптимально сочетает качество и цену, а также максимально приближена по этим показателям к ГИО. Из анализа показателей конкурентоспособности видно, что

оптимальное соотношение  $K_{ит}$  и  $C_о$  имеет машина модели 280 фирмы Triulzi (Италия). Предлагаемая

методика позволяет значительно сократить временные и капитальные затраты по введению инновации в производство и значительно упрощает сам процесс разработки инновации.

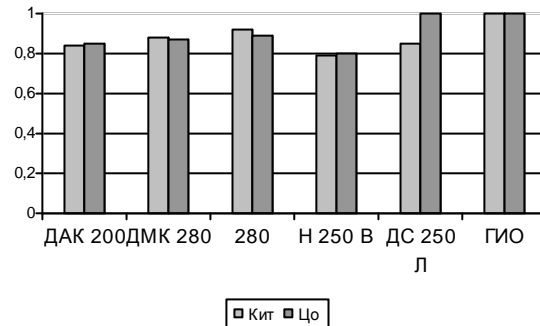


Рис. Зона конкурентоспособности машин литья под давлением

Модель машины	ДАК 200	ДМК280	280	Н 250 В	ДС 250 Л	ГИО
$K_{ит}$	0,84	0,88	0,92	0,79	0,85	1
$C_о$	0,85	0,87	0,89	0,8	1	1

### Выводы

На основе проведенного анализа развития внутреннего рынка и его отношений с рынком внешним сделан вывод, что производство в Украине конкурентоспособной продукции, особенно экспортной, возможно только при условии использования инновационной техники и технологии.

Предложено для количественной оценки эксплуатационных достоинств конкретных изделий использовать ГИО, характеризующийся наивысшими показателями в данной области.

С помощью разработанной методики проведен анализ группы машин литья под давлением и выявлена модель машины, показатели которой наиболее приближены к показателям ГИО, и, соответственно, является наиболее конкурентоспособной в своей группе в настоящее время.

**Список литературы:** 1.Иванова, Л.А. Теория и практика литья под давлением алюминиевых сплавов [Текст] / Л.А. Иванова, В.В. Мацийчук. - "Поліграф", типогр. "Атлант", Одесса, 2006. - с. 155. 2.Ефимов, В.А. Перспективы развития работ по применению внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся расплав [Текст] / В.А. Ефимов. - Киев: Изд. ИПЛ АН УССР. - 1983. - С. 3-65. 3.Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст]/ А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. - Д.: Издательство «ВИК» - 2002. - 169 с. 4.Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. - М.: Металлургия, 1995. - 272 с.5.Малых, С.В. Рыночная оценка инноваций в машиностроении [Текст] / С.В. Малых. - Изд. "Друк", типогр. УТС-принт, Одесса. - 2004. - С.81.

Поступила в редколлегию 15.02.2012