

The modern conceptions of the foundry technologies development are considered.

А. А. МИНАЕВ, ООО Патентная фирма

УДК 621.74

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Значение и роль научного прогнозирования и его связь с патентными исследованиями еще в середине 30-х годов прошлого века определил профессор социологии Чикагского университета В.Ф. Отберн, который возглавлял комиссию по изучению и использованию национальных ресурсов США при национальном совете по научным исследованиям. Подготовленный этой комиссией отчет «Тенденции в науке и технике и национальная политика» был опубликован в 1937 г. и содержал определение целей прогнозирования: «В эпоху великих преобразований предвидение того, что, возможно, может произойти, является необходимым для людей, стоящих у руля государственного корабля. Анализ изобретений служит отличным ключом к пониманию будущих условий жизни общества и проблем, стоящих перед нацией, так как из четырех материальных факторов, которые определяют благосостояние нации: изобретения, население, естественные ресурсы и организация экономики, первый фактор более склонен к изменениям и зачастую служит причиной изменения других» [1].

Если для XX в. (его второй половины) основой было представление о научно-техническом прогрессе как о практическом использовании научного знания через систему его технических приложений, то в настоящее время развитие сообщества, включая и производство материальных благ, все больше зависит от социальных, информационных, политических и т.п. технологий и инноваций. Лидерами современного инновационного процесса являются США, Япония и страны ЕС. Одним из показателей инновационного процесса в странах ЕС принято считать число поданных заявок (патентных документов) на высокие технологии (ВТ) в Патентные ведомства США и Европы (ЕПВ) в пересчете на 1 млн. населения [2].

В современной инновационной политике государства интеллектуальная собственность, в том числе и изобретения, составляют определяющее ядро научно-технологического потенциала отрасли и страны.

Патентно-информационная модель развития структуры современного литейного производства построена на основе анализа главных направлений развития отрасли путем выборки изобретений на основе рубрик международной патентной классификации (МПК – IPC).

В МПК непосредственно литейное производство представлено в т. 2 в разделе В «Различные технологические процессы; транспортирование» в подразделе «Формование» – классом В22 и подклассами В22С – Изготовление литейных форм и В22D – Литье металлов и прочих материалов. Простой перечень групп и подгрупп, к которым относится описание патентов по литейному производству, свидетельствует о больших объемах информации и относительной сложности ее системной выборки и анализа.

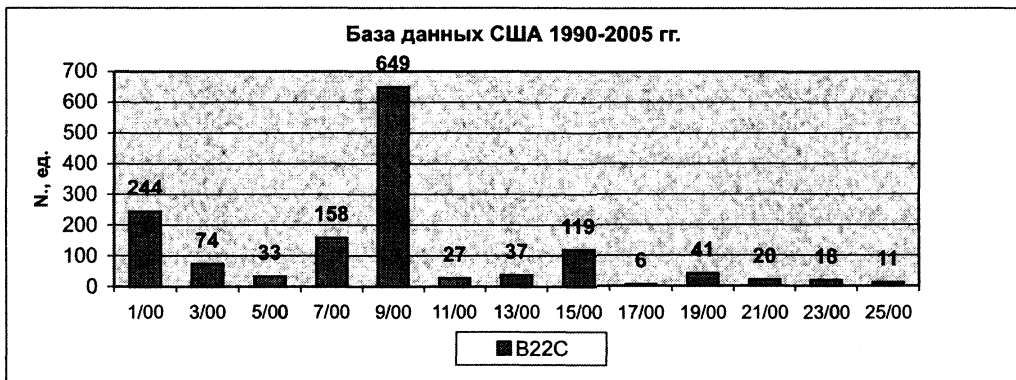
В настоящей работе анализу были подвергнуты базы данных (БД) по изобретениям литейного производства России и США [2, 3], что позволило оценить качественно (структуру) и количественно (динамику) основу научно-технологического потенциала литейного производства этих стран и сделать сравнительный анализ.

Структурный анализ изобретений по литейному производству по МПК указанных стран позволяет наметить перспективные направления развития, поскольку изобретения, как известно, обладают потенциалом упреждения.

Конкретные перспективные направления развития литейного производства России и США позволяют определить сравниваемые гистограммы по группам МПК (рис. 1, 2).

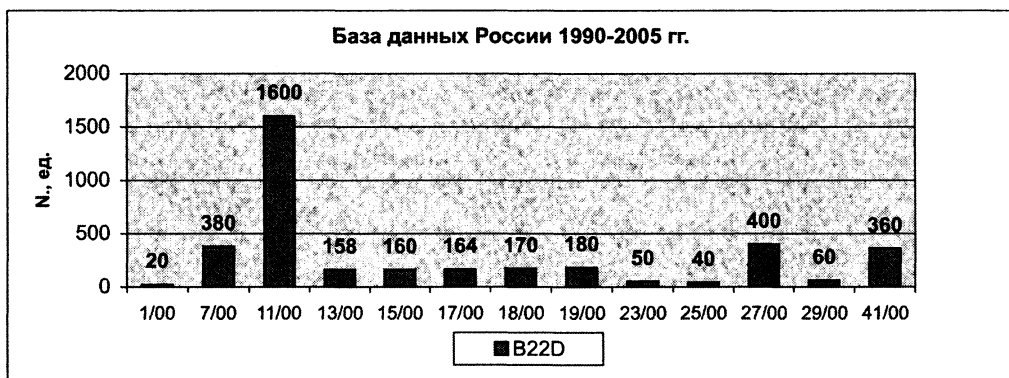


a

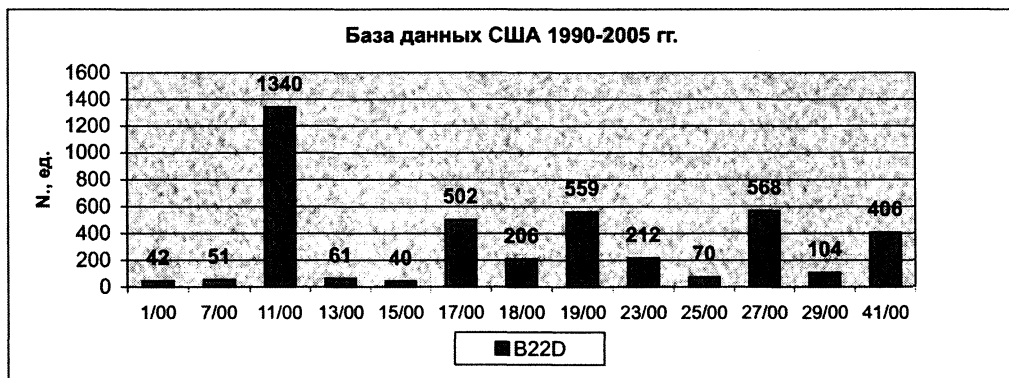


b

Рис. 1. Структура изобретений России (а) и США (б) по группам МПК В22С 1/00–25/00



a



b

Рис. 2. Структура изобретений России (а) и США (б) по выборочным группам МПК В22Д

Из рисунков видно, что структурно (качественно) и количественно (динамически) БД изобретений России и США по литейному производству в основном сходны. По подклассу В22С сходны по динамике следующие группы:

- 1/00 – формовочные смеси и материалы для литейных форм и стержней;
- 3/00 – составы для покрытий литейных форм и стержней;
- 5/00 – устройства для приготовления формовочных смесей;
- 7/00 – способы и устройства для изготовления моделей;
- 9/00 – литейные формы и стержни;
- 15/00 – формовочные машины для уплотнения смеси.

Остальные группы, относящиеся к формовочным машинам других конструкций, формовочным установкам и опочной оснастке, практически изобретениями не представлены или содержат незначительное количество. Можно предположить, что этот вид технологического оборудования в основном исчерпан на пути эволюционного совершенствования.

По подклассу В22D сходны следующие динамично развивающиеся группы:

- 11/00–18/00 – специальные способы литья: непрерывное литье; центробежное литье; кокильное литье; литье под давлением и низким давлением;
- 19/00 – армированное литье;
- 27/00 – обработка металла в жидком или вязком состоянии в литейных формах;
- 41/00 – литейные емкости для металла, заливочные устройства.

Остальные группы подкласса В22D развиваются менее динамично и не представляют интереса в настоящее время.

Подобный сравнительный структурный анализ БД изобретений – основы научно-технологического потенциала отрасли имеет особое значение. Применение разработанной методики позволяет получить обоснование для принятия управленческих решений на уровне отрасли и предприятий, а в перспективе обоснованно корректировать приоритеты развития научно-технологического потенциала отрасли и стратегии предприятия.

Интересен сравнительный анализ БД США и России. На рис. 3 показаны графики патентования изобретений за период с 1990 по 2004 гг. всех патентов этих стран и динамика патентования за этот же период изобретений по литейному производству. Анализ графиков динамики патентования изобретений этих стран позволяет констатировать стабилизацию патентования изобретений в США и некоторый спад динамики патентования в России в последний период.

Отнесение совокупности изобретений отрасли – основы ее научно-технического потенциала за определенный период ко всей совокупности изобретений страны за тот же период времени позволяет определить коэффициент абсолютной значимости отрасли литейного производства в экономике страны, который определяется (%) следующим соотношением:

$$K = \Sigma n / \Sigma N \cdot 100\%,$$

где n – совокупность изобретений отрасли за определенный период, ед.; N – совокупность изобретений страны за тот же период времени, ед.

Коэффициент абсолютной значимости литейного производства в России за период 1990–2004 гг. составляет 0,889%, в США – 0,324%.

Сравнивая абсолютные коэффициенты значимости литейного производства в России и США, можно констатировать, что $K_{РФ} > K_{США}$ и это может свидетельствовать о большем значении консервативного литейного производства в экономике РФ, но это одновременно может быть определено и как худший показатель, чем в США, что может свидетельствовать о более динамичном развитии других перспективных отраслей экономики, например компьютерной техники или нанотехнологий.

Интересна для сравнительного анализа динамика выпуска литья в России и США во второй половине XX в. (рис. 4). Динамика выпуска литья в России отражает современное состояние экономики страны.

Анализ динамики патентования изобретений и выпуск литья в США позволяет отметить определенную стабилизацию этих процессов: динамика патентования изобретений характеризуется интервалом в 300–500 ед. в год, а выпуск литья – 10–15 млн. т.

Подобное положение можно объяснить тем, что литейное производство США достигло своего определенного стабильного положения в экономике страны и объемы выпуска продукции литейного производства достаточны для обеспечения потребностей в литье современной экономики США предположительно на ближайшие 5–10 лет. Постоянный мониторинг по данным показателям научно-технологического потенциала стран, выраженный совокупностью изобретений в литейном производстве, позволит практически оценить достоверность этих предположений.

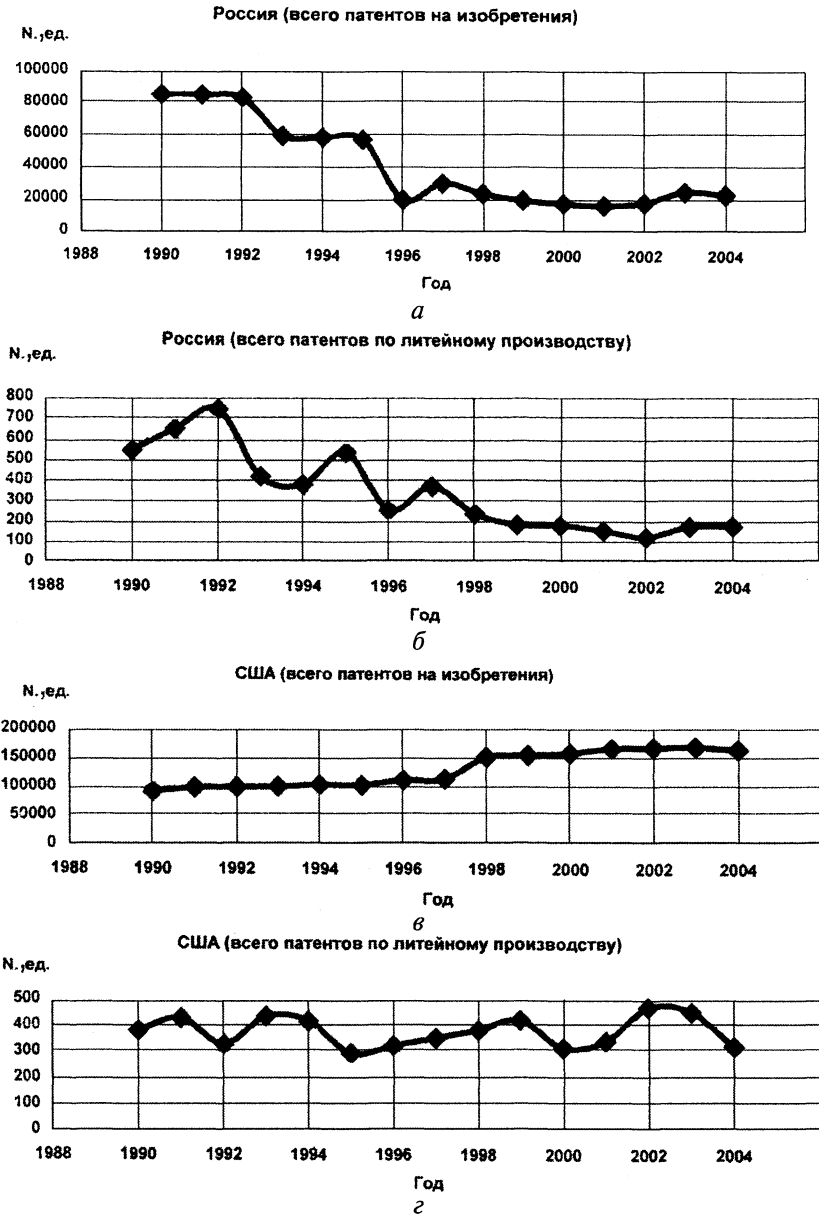


Рис. 3. Графики патентования изобретений за 1990–2004 гг.: *а* – график патентования изобретений в России; *б* – график патентования изобретений по литейному производству в России; *в* – график патентования изобретений в США; *г* – график патентования изобретений по литейному производству в США

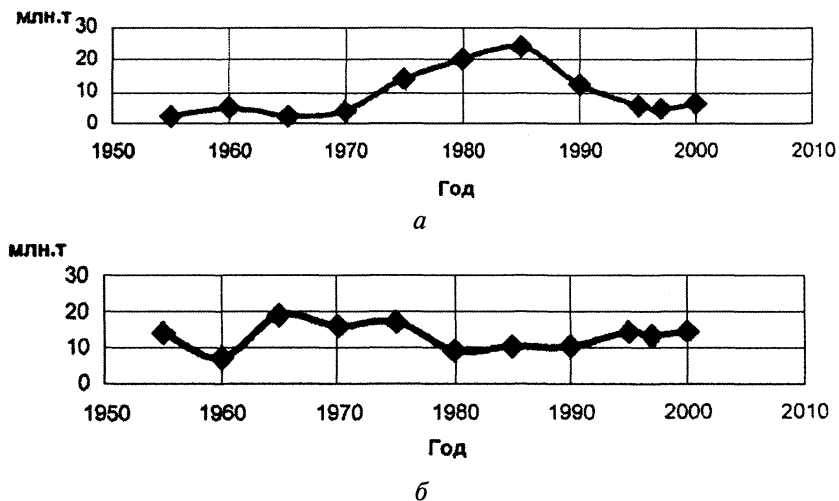


Рис. 4. Выпуск литья в России (*а*) и США (*б*)

Таким образом, совокупность научно-технических изобретений отрасли (БД) представляет систему обобщенных устойчивых представлений о количественной и качественной мере основы совокупного научно-технологического потенциала отрасли за соответствующий период и может являться сравнительным показателем для оценки совокупного научно-технологического потенциала отраслей анализируемых стран.

Используя ранее описанный методологический принцип построения патента–информационной модели, проведем сравнительный структурный анализ баз данных (БД) по изобретениям литейного производства Австралии, Китая, Республики Корея [5], Канады и Бразилии [6] для оценки основы их научно-технологического потенциала литейного производства.

Анализ гистограмм позволяет констатировать, что структурно (качественно) БД этих стран также сходны.

По подклассу В22С сходны группы:

- 1/00 – формовочные смеси и материалы для литейных форм и стержней;
- 3/00 – составы для покрытий литейных форм и стержней;
- 5/00 – устройства для приготовления формовочных смесей;
- 7/00 – способы и устройства для изготовления моделей;
- 9/00 – литейные формы и стержни;
- 15/00 – формовочные машины для уплотнения смеси.

Остальные группы, относящиеся к формовочным машинам других конструкций, формовочным установкам и опочной оснастке, практически изобретениями не представлены или содержат незначительное количество. Можно предположить, что этот вид технологического оборудования в основном исчерпан на пути эволюционного совершенствования.

По подклассу В22D сходны группы:

- 11/00-18/00 – специальные способы литья: непрерывное литье; центробежное литье; кокильное литье; литье по давлению и низким давлением;
- 19/00 – армированное литье;
- 27/00 – обработка металла в жидком или вязком состоянии в литейных формах;
- 41/00 – литейные емкости для металла, заливочные устройства.

Остальные группы подкласса В22D развиваются менее динамично и не вызывают интереса в настоящее время.

Представляет интерес также выяснение наличия корреляционной зависимости между изобретениями, относящимися к подклассам В22С (изготовление разовых литейных форм) и В22D (литье металлов, специальные способы литья). По существу это два конкурирующих направления в развитии современного литейного производства и взаимовлияние и развитие этих направлений во многом определяет перспективы развития всего литейного производства в целом.

Определение выборочного коэффициента корреляции и уравнения линейной регрессии у на x по данным пяти стран по подклассам В22С и В22D

Используем формулы:

1) выборочный коэффициент корреляции:

$$\bar{r}_{xy} = \bar{\mu}_{xy} / (\sigma_{bx} \sigma_{by}) = \left(1/n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x} \bar{y} \right) / \left(\sqrt{1/n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2} \sqrt{1/n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \bar{y}^2} \right);$$

2) линейное уравнение регрессии у на x:

$$y_x - y = (\mu_{xy} / \sigma_{bx}^2)(x - \bar{x}),$$

где $\bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i$; $\bar{y} = 1/n \sum_{i=1}^n y_i$; $\sigma_{bx}^2 = 1/n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2$; $\sigma_{by}^2 = 1/n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \bar{y}^2$; $\mu_{xy} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x} \bar{y}$.

Исходные данные по классам В22С и В22D, тыс. ед., приведены ниже.

	США	РФ	Китай	Австралия	Канада
(D)X	4,6	3,8	4,8	4,0	3,4
(C)Y	1,3	1,4	1,4	0,9	0,85

Проведем необходимые вычисления. Для этого составим расчетную таблицу.

n	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$
1	3,4	0,85	11,56	0,7225	2,89
2	3,8	0,9	14,44	0,81	3,42
3	4,0	1,3	16	1,69	5,2
4	4,6	1,4	21,16	1,96	6,44
5	4,8	1,4	23,04	1,96	6,72
Σ	20,6	5,85	86,2	7,1425	24,67

Определяем:

$$\sigma_{bx} = 0,515, \bar{\sigma}_{bx} = 0,244, \mu_{xy} = 0,1136, r_{xy} = 0,904.$$

Уравнение регрессии y на x : $y_x = 0,904x - 2,95$.

Правило проверки гипотезы: $H_0: r_{xy} = 0$.

Чтобы при уровне значимости a проверить для генеральных совокупностей y и x нулевую гипотезу $H_0: r_{xy} = 0$, необходимо:

1) вычислить наблюдаемое значение критерия:

$$T_{\text{набл}} = r_{xy} \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r_{xy}^2} = 3,658;$$

2) по таблице критических точек распределения Стьюдента по уровню значимости a и числу степеней свободы $K = n-2$ найти число $T_{\text{крит}}$:

$$K=3; a=0,1; T_{\text{крит}}=2,35;$$

$|T_{\text{набл}}| > T_{\text{крит}}$, т.е. существует корреляционная зависимость между случайными величинами x и y .

Полученные впервые результаты анализа БД по изобретениям литейного производства рассмотренных стран позволяют обоснованно утверждать, что современное производство этих стран развивается в основном по общим направлениям и закономерностям. Этот факт следует учитывать при разработке национальных программ развития литейного производства на ближайшую перспективу.

Используя патентно-информационную модель, обратимся к анализу интегрированных баз данных (БД) по литейному производству: мировой БД и БД ЕПВ, а также БД патентных документов Японии [7–9]. Указанные БД являются наиболее представительными по объемам (количеству) патентных документов, в том числе и в области литейного производства, и в этом в первую очередь отличаются от ранее рассмотренных БД, причем по количеству патентных документов они отличаются на порядок и более. В то же время анализируя обработанные указанные БД по данной методике, построением гистограмм по классам В22С и В22D и составляющих групп, характеризующих основные направления развития современного литейного производства, можно убедиться в том, что, подчиняясь законам больших чисел, совокупности изобретений указанных БД, их структура и динамика в основном явно сходны с аналогичными гистограммами по литейному производству, характеризующими структуру и динамику отдельных стран, например, России, США, Австралии, Китая, Республики Корея, Канады и Бразилии.

Так, анализ гистограмм позволяет констатировать, что структурно (качественно) рассматриваемые БД также сходны (рис. 5, а–д).

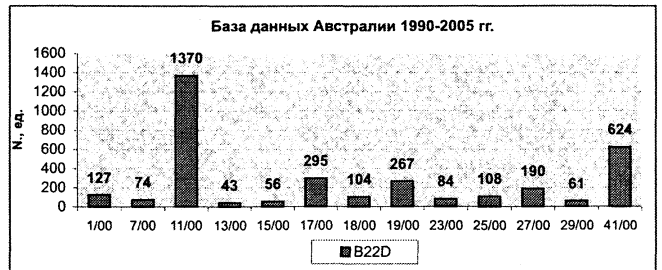
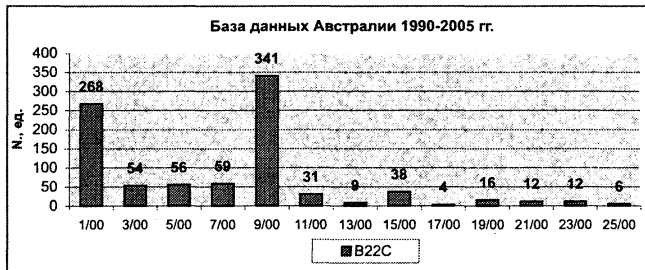
По подклассу В22С явно сходна динамика патентования по следующим группам:

- 1/00 – формовочные смеси и материалы для литейных форм и стержней;
- 3/00 – составы для покрытий литейных форм и стержней;
- 5/00 – приготовление и обработка формовочных смесей;
- 7/00 – модели и способы изготовления моделей;
- 9/00 – способы формовки форм и стержней;
- 15/00 – формовочные машины для уплотнения смеси.

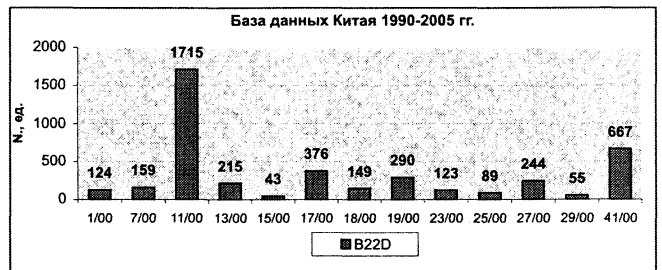
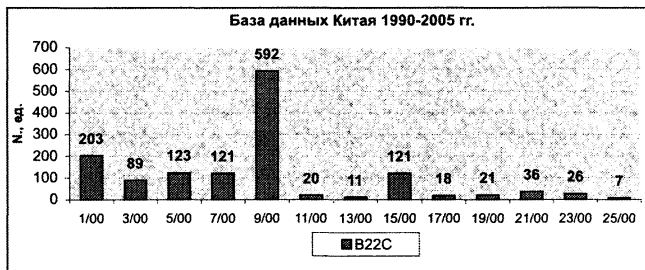
По остальным группам, относящимся к формовочным машинам других конструкций, опочной оснастке, динамика патентования значительно ниже.

По подклассу В22D явно сходна динамика патентования по следующим группам:

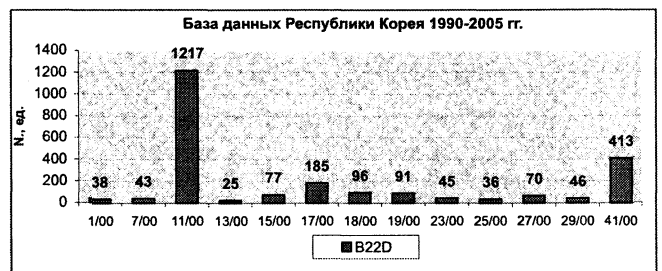
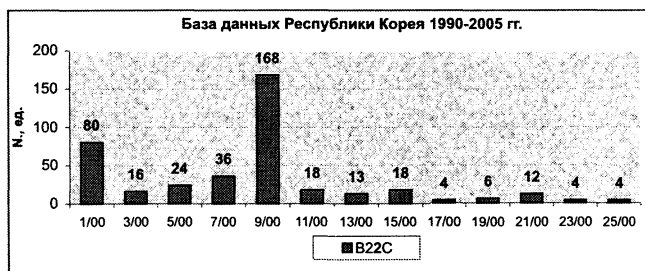
- 11/00 – непрерывное литье;
- 13/00 – центробежное литье, кроме ЕПВ;
- 15/00 – кокильное литье, кроме Японии;
- 17/00 – литье под давлением;
- 18/00 – литье под низким давлением;



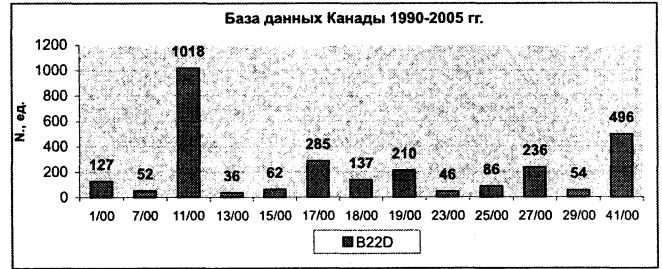
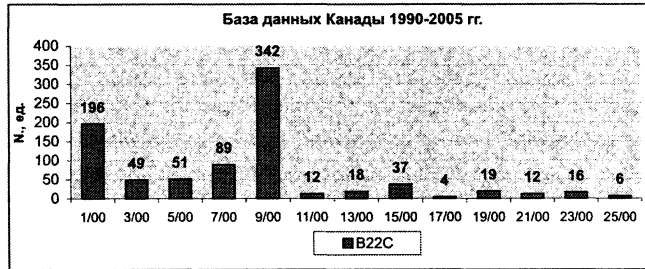
a



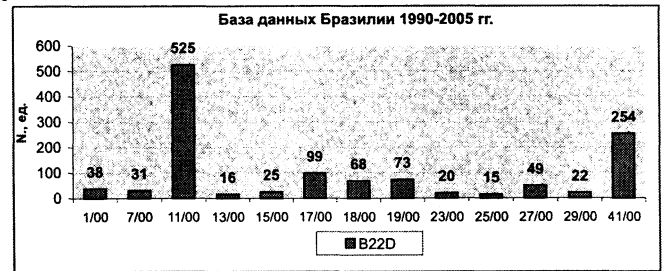
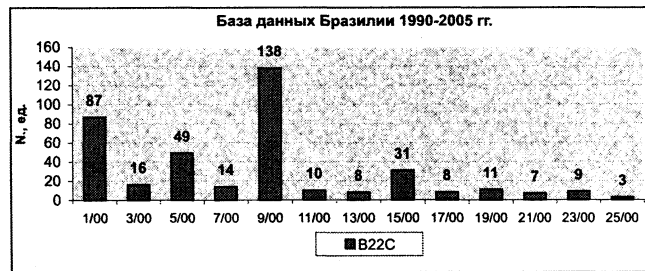
b



в



г



д

Рис. 5. Структура изобретений по литейному производству за 1990–2005 гг. по БД Австралии (а); Китая (б); Республики Корея (в); Канады (г); Бразилии (д)

- 19/00 – биметаллическое литье;
- 27/00 – обработка металла в жидком или вязком состоянии в литейной форме;
- 41/00 – литейные емкости, заливочные устройства.

Остальные группы отражают слабую интенсивность патентования по этим направлениям.

Сравнительные гистограммы по группам МПК показаны на рис. 6, а–г.

Согласно европейской классификации (ECLA), которая основана на МПК (ICP), но более детальная по подгруппам, в том числе и по классам B22C и B22D – по литейному производству, предусматривается конкретизация по подгруппам, например, B22C1/16–22 (формовочные смеси с применением связующих веществ):

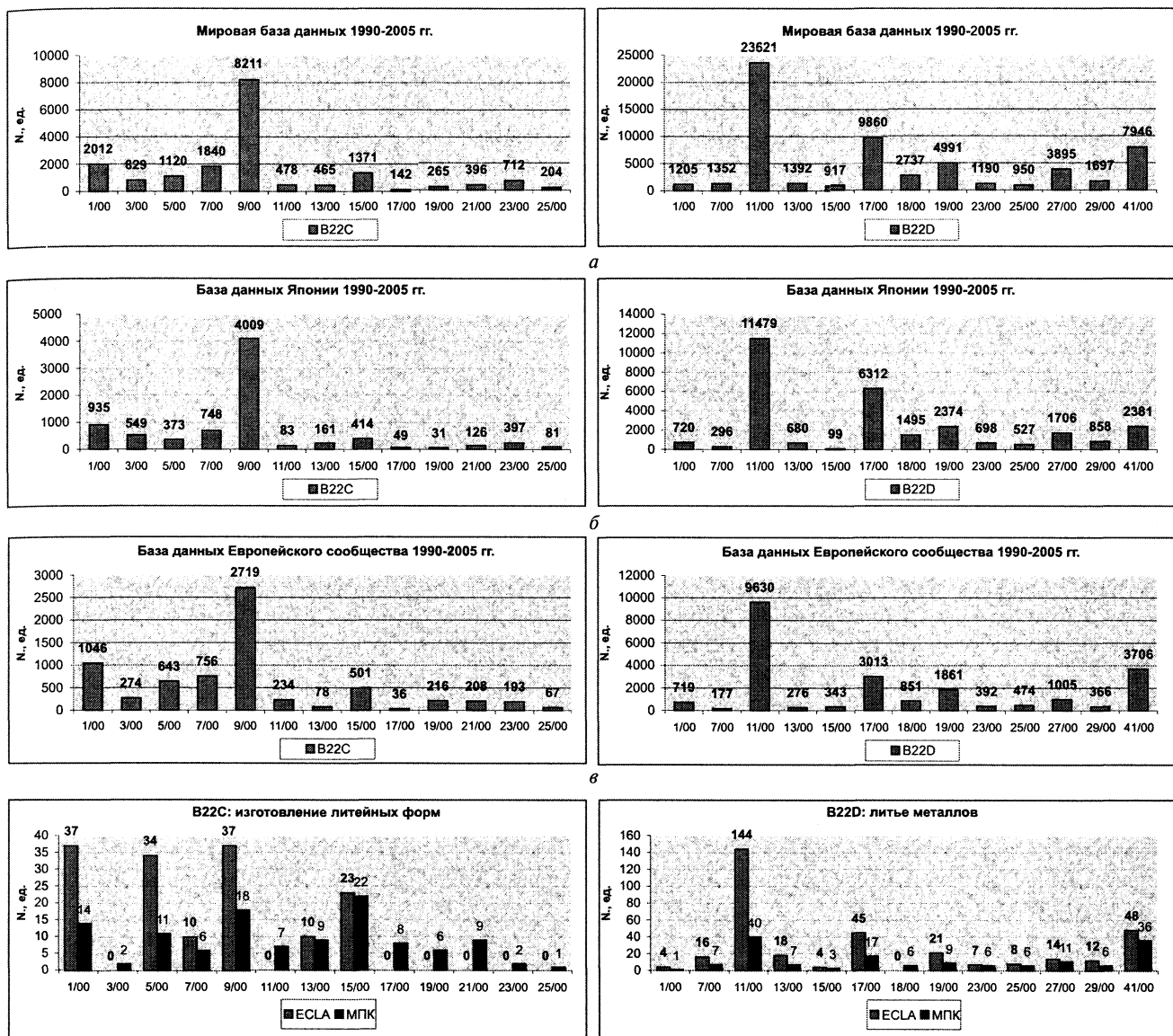


Рис. 6. Структура изобретений по литейному производству (B22C и B22D) мировой БД 1990–2005 гг. (а) [9]; по БД Японии (б) [7]; Европейского сообщества (в) [8]; сравнительная структура рубрик подгрупп Европейской классификации (ECLA) изобретений и Международная патентная классификация (МПК) по литейному производству (г)

- B22C1/16B – использование газообразующих агентов для отверждения связующих;
- B22C1/16M – смеси с неорганическими и органическими связующими веществами;
- B22C1/18C – цементы, оксиды или глины;
- B22C1/22C2 – полиалкены;
- B22C1/22C4 – полиакрилаты;
- B22C1/22C6 – полимеры, содержащие гологены;
- B22C1/22F2 – фурановые полимеры;
- B22C1/22F4 – полимеры конденсации альдегидов и кетоны;
- B22C1/22F4P – с фенолом;
- B22C1/22F6 – полиэпоксиды;
- B22C1/22F8 – полиэстеры; поликарбонаты;
- B22C1/22F12 – полиамиды и т.д.

Предусматривается дальнейшее совершенствование технологий и оборудования для смесеприготовления, например, смешивание формовочной смеси при транспортировке на конвейерной ленте с управляемыми элементами перемешивания (B22C5/04B11), использование вибрации (B22C5/04B12). В модельной оснастке предусматривается использование корректируемых, секционных, увеличивающихся в размерах или гибких моделей (B22C7/00A). Для технологии изготовления форм по выплавляемым моделям применение охлаждающихся или нагревающихся пресс-форм (B22C9/06D), конструктивные

элементы разовых литейных форм: стержни-перемычки (B22C9/08B), фильтры (B22C9/08C), прибыльные надставки (B22C9/08D) и т.д.

В области процессов литья (совместно с металлургическим производством) предусматривается совершенствование предварительной технологической обработки металлов газами (B22D1/00G); применение контролируемых приборов для определения появления шлака в струе жидкого металла, уровня жидкого металла, определения толщины кристаллизуемой оболочки металла и для определения вязкости жидкого металла (B22D2/00V). Продолжится совершенствование конфигурации прибылей, оборудования для изготовления и установки прибылей (B22D7/00C и D).

В области специальных способов литья, особенно в непрерывной разливке металлов введены отдельные рубрики по видам непрерывно разливаемых сплавов: специальные сплавы, нержавеющие стали (B22D11/00A1), алюминиевые (B22D11/00A2) и медные сплавы (B22D11/00A3). Предусматриваются отливка составных слитков, т.е. из двух или более жидких металлов, различных композиций, используемых в цельнолитых слитках, конструкции податливых кристаллизаторов, совершенствование вторичного охлаждения слитков и др.

В технологии центробежного литья совершенствуются карусельные установки, охлаждение изложниц и стержней, средства подачи жидкого металла, удаление отливок.

В технологии литья под давлением вводится использование одновременно двух и более пресс-форм, суспензионное литье под давлением, инжекционные поршни, обеспечение амортизации пика давления, использование двух и более поршней инъекции, охлаждение или нагрев пресс-форм. Кроме того, предусматривается герметизация пресс-форм, использование оборудования для подрыва или удаления отливок, наличие на стенках пресс-форм средств для маркировки или кодирования, наличие стенок пресс-форм с резьбой и пресс-формы со сменной частью.

По классу B22D19/00P расширена номенклатура отливаемых изделий, предусматривается предварительная обработка армируемых вставок.

По классу B22D21/00 (A; B; C) вводится подробная градация для литья различных сплавов: литье легких сплавов: с высокой точкой плавления Be, Ti; низкой точкой плавления Al, Mg; литье тяжелых металлов с чрезвычайно высокой температурой плавления: W, Ta, Mo, Zr, Cr, V; литье тяжелых металлов с высокой температурой плавления: Co, Ni, Mn, Cu; литье тяжелых металлов с низкой температурой плавления: Zn, Pb, Sn.

По классу B22D25/00F специальное литье предусматриваются рубрики: литье пенометалла и литье драгоценных изделий.

Обработка металла в жидком или вязком состоянии в литейной форме с использованием инертного газа, реактивных газов и направленной кристаллизации введены по классу B22D27/00(A; B).

Обработка отливок после литья: удаление стержней выщелачиванием, вымыванием или растворением; с использованием взрывной волны; с использованием эффекта электрогидравлического удара введены по классу B22D29/00 (A; A1; A5; A5A).

Выделены технологии герметизации или пропитки пористого литья.

Предусмотрены рубрики для установок для дозированной разливки металла с использованием электромагнитного поля и электромагнитные трубопроводы.

В оборудовании, используемом как в литейном производстве, так и в металлургическом, предусмотрены рубрики установки для чистки ковшей, футеровки ковшей и ее восстановления, удаления футеровки; охлаждения стопора, стопор со средствами для введения жидких добавок в расплав; обеспечение вращения выливающегося из ковша жидкому металлу (B22D41/00).

Сопоставительный анализ рубрик МПК и ECLA также подтверждает основные закономерности в развитии технологий современного литейного производства.

В заключение отметим, что, поскольку изобретения обладают потенциалом упреждения, а изобретения в области технологии литейного производства внедряются в практику, по оценкам экспертов, примерно через 10 лет, то можно достаточно обоснованно ожидать, что выявленные закономерности в развитии технологии литейного производства ведущих стран на ближайшие 10 лет являются определенными и устойчивыми.

Таким образом, данное методологическое обобщение предлагается рассматривать как рациональную методологическую модель высокой степени обобщения, обладающей императивной силой для ее пользователей и предписывающей при исследовании конкретных проблем в области технологии современного литейного производства анализировать их с учетом изложенных обобщенных современных закономерностей и направлений развития литейного производства в ведущих технологически развитых странах.

Литература

1. Ogburn W.F. et al. Technological Trends and National Policy. U.S. National Research Council, National Resources Committee, 1937.
2. Мирский Э.М. и др. Научная политика XXI века: тенденции, ориентиры и механизмы. Наукоедение. 2003. № 1(www.courier.com.ru).
3. Свидетельство о регистрации базы данных № 2005620277 «Статистическая выборка изобретений России по классам МПК по литейному производству».
4. Свидетельство о регистрации базы данных № 2006620052 «Статистическая выборка изобретений по классам МПК и интегральные показатели по литейному производству из базы данных патентов США».
5. Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2006620092 «Статистическая выборка изобретений по классам МПК и интегральные показатели по литейному производству из баз данных патентов Австралии, Китая и Республики Корея».
6. Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2006620093 «Статистическая выборка изобретений по классам МПК и интегральные показатели по литейному производству из баз данных патентов Канады и Бразилии».
7. Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2006620053 «Статистическая выборка изобретений по классам МПК и интегральные показатели по литейному производству из базы данных патентов Японии».
8. Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2006620054 «Статистическая выборка изобретений по классам ECLA и интегральные показатели по литейному производству из базы данных европейских патентов».
9. Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2006620055 «Статистическая выборка изобретений по классам МПК и интегральные показатели по литейному производству из мировой базы данных и базы данных ВОИС».