

УДК 658:669.131.7:338.512

И.О. Леушин<sup>1</sup>, Д.Г. Чистяков<sup>2</sup>, А.В. Нищёнков<sup>1</sup>

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОФОРМУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева<sup>1</sup>,  
ОП ООО "Инженерно-технологический центр РУСАЛ", г. Санкт-Петербург<sup>2</sup>

Рассмотрены детали стеклоформирующей оснастки – стеклоформы, применяемые для массового выпуска стеклянной тары. Проанализирована зависимость себестоимости производства формовых комплектов от технологии их изготовления. Доказана возможность производства готовых деталей (на отечественных заводах) с ресурсом эксплуатации на уровне мировых аналогов – 700...1000 тыс. циклов. Рассчитана точка безубыточности производства в условиях процесса импортозамещения деталей стеклоформ.

*Ключевые слова:* стеклотара, стеклоформа, заготовка, оснастка, формовой комплект, чугун, стоимость, эффективность.

### Введение

Конкуренция в сбыте стеклоформирующей оснастки (рис. 1) на территории страны в основном осуществляется между иностранными производителями, а отечественные изготовители (как по технологическим, так и экономическим причинам) не имеют весомой доли на рынке (менее 15% в денежном эквиваленте). Основным сдерживающим производственным фактором является неэффективная технология производства изделий и, как следствие, высокие издержки и низкий ресурс готовой формовой оснастки. Действующие мощности, потенциал рабочей силы и имеющиеся научные разработки позволяют отечественным производителям обеспечить рост производительности при повышении экономической эффективности изготовления деталей стеклоформ.



Рис. 1. Стеклоформирующая оснастка

### Обзор состояния вопроса

Основными способами поддержания существования на рынке полноценных производителей (заготовка – полуфабрикат – готовое изделие) стеклоформирующей оснастки являются:

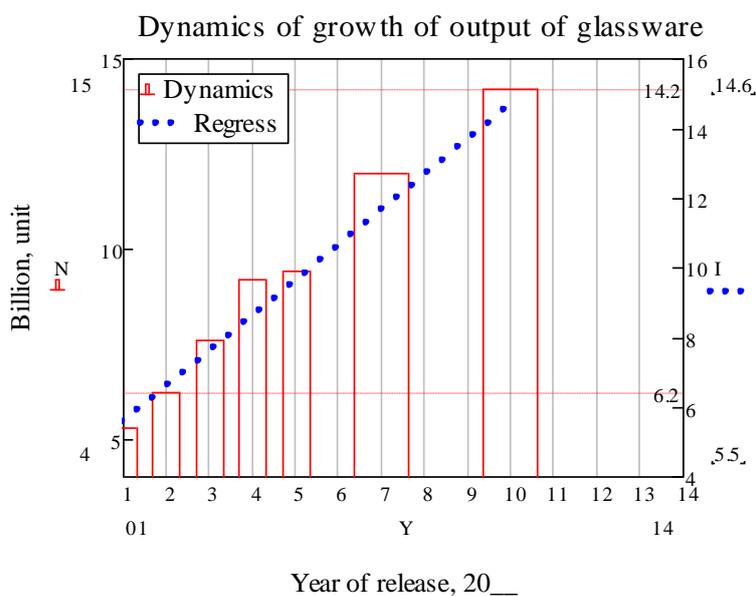
- сокращение издержек – сокращение неэффективных производственных мощностей и передача отдельных производственных операций (термическая обработка, механическая обработка, сборка и т.д.) обособленным подразделениям предприятия или другим производителям;
- изготовление продукции с максимальной добавленной стоимостью (производство формо-

вых комплектов для динамично развивающихся отраслей (косметическая, химическая и т.д.), где спрос растет наиболее быстрыми темпами, стеклоупаковка имеет оригинальную конфигурацию, а формовой комплект обладает повышенной сложностью изготовления);

- устранение низкорентабельных активов – выделение активов с низкой отдачей от инвестиций в производство новых комплектов в отдельные бизнес-единицы (повышение привлекательности основных производственных мощностей).

Ведение конкурентной борьбы за рынки сбыта стеклоформирующей оснастки обеспечило на территории России преимущество иностранным импортерам: доля оборудования, зависящего от деталей исключительно зарубежного производства, увеличилась до 87% [1]. Важным фактором при этом является уровень локализации производства зарубежных изготовителей, который остается низким, и это пока позволяет отечественным предприятиям бороться с высокими издержками (доля энергозатрат в себестоимости продукции в РФ на 20...30% выше зарубежных аналогов) [2]. Это в свою очередь – после изменения паритета покупательной способности (отечественных и иностранных) формовых комплектов при имеющейся курсовой разнице<sup>1</sup> – привело к падению спроса на иностранную продукцию, проведению операций ремонта и переработки стеклоформирующей оснастки отечественными заводами, обратному росту производственных мощностей.

Стеклотарные заводы, выпускающие продукцию большими объемами (100...500 млн шт), заинтересованы в стабильной бесперебойной эксплуатации формовых комплектов. Об этом свидетельствует и статистика: в 2000...2010 гг. наметился интенсивный рост объемов собственного производства стеклянной тары – с 5,6 млрд до 14,2 млрд штук [2]. Данные по приросту производительности стеклотары в РФ представлены на рис. 2.



**Рис. 2. Динамика изменения выпуска стеклянной тары с 2002 по 2014 гг<sup>2</sup>, млрд шт.:**  
N – количество выпущенной тары; I – регрессия МНК; Y – год выпуска

<sup>1</sup> Стеклотарные заводы – потребители стеклоформирующей оснастки зарубежного производства, осуществляющие сбыт тары на территории России, вынуждены приобретать детали у поставщиков за валюту по текущему обменному курсу. В связи с установившейся курсовой разницей стоимость покупаемой оснастки значительно возросла (за исключением существующего демпинга некоторых производителей), заводы вынуждены искать более выгодные варианты приобретения деталей стеклоформ. В этих условиях ведущие отечественные предприятия-изготовители формовой оснастки (ООО "MouldTech", ЗАО "Завод "Флакс", ОАО "Тверьстекло" и др.) имеют преимущества в отпускной цене продукции, а ведущие российские стеклотарные заводы (ЗАО "ОСТ", ЗАО "Веда-Пак", Saint Gobain, ЗАО "Свет", АПС "РусьСтекло" и др.) – в наращивании рынка сбыта стеклотары (росту производительности) за счет импортозамещения стеклотары из-за рубежа [3].

<sup>2</sup> статистические данные "Стеклосоюз России", Международной конференции "Стекло и современные технологии – XXI", прогнозные значения

При этом конкурентоспособность стеклотарных предприятий по направлениям продвижения новой продукции, снижения издержек и, как следствие, отпускной цены находится на низком уровне [4].

### Особенности производства деталей стеклоформ

Выбор технологии (варианта) изготовления стеклоформирующей оснастки определяется на основе комплексного подхода технологической, организационной и экономической целесообразности производства.

Технико-экономический анализ текущих процессов изготовления формовой оснастки показал, что минимальной стоимостью обладают формы, ресурс которых составляет 200...400 тыс. термоциклов (теплосмен, смыканий рабочих кромок). Это связано с тем, что они изготавливаются из невысококачественного материала – экономнолегированного и немодифицированного чугуна<sup>3</sup>. Термической обработкой таких заготовок является щадящий отжиг, включающий в себя нагрев до 750...930 °С и выдержке в течение 4..10 часов (в зависимости от степени полученного литьем отбела). Формовые комплекты из чугуна, рабочие кромки которых дополнительно упрочняются (например, нанесением износостойкого покрытия), выдерживают уже до 400...550 тыс. теплосмен. Однако их отпускная цена – согласно данным заводов – повышается на 20...30%. По статистике стоимость формовых комплектов, изготовленных из легированного чугуна со специальным химическим составом и специальной конфигурации полости, выше на ~50%, а формовые комплекты, не заменяемые для больших тиражей стеклянной тары, но эксплуатирующиеся длительное время для выпуска малыми партиями, стоят в 2...3 раза дороже форм, рассчитанных на 200...400 тыс. термоциклов.

На изготовление чугунных литевых форм приходится существенная часть от стоимости всего технологического процесса [5, 6] – себестоимость готового расплава чугуна зависит линейно от его химического состава [7]. Подсчитано, что от того, насколько качественно выполнено литье пресс-форм, практически наполовину зависит качество конечного результата – стойкость формовых комплектов на производственной линии [8].

Установлено, что на себестоимость изготовления формовых комплектов оказывают влияние:

1. Выбор материала: нержавеющая сталь, низколегированный чугун, нирезист и т.д. От химического состава материала зависит его макро- и микроструктура (рис. 3, а, б), соответственно, физические (теплопроводность) и механические свойства (прочность, твердость ударных поверхностей) пресс-форм.

2. Конфигурация и компоновка формы: вид стеклоформирующего оборудования (роторные и карусельные автоматы); габариты – количество полостей (будущих стеклоизделий) в формовом комплекте; наличие поднутрений, "фигуристых" частей – технологическая сложность выполнения полости и т.д.

3. Способ изготовления литых заготовок:

– технология литья: кокиль, песчаная форма;

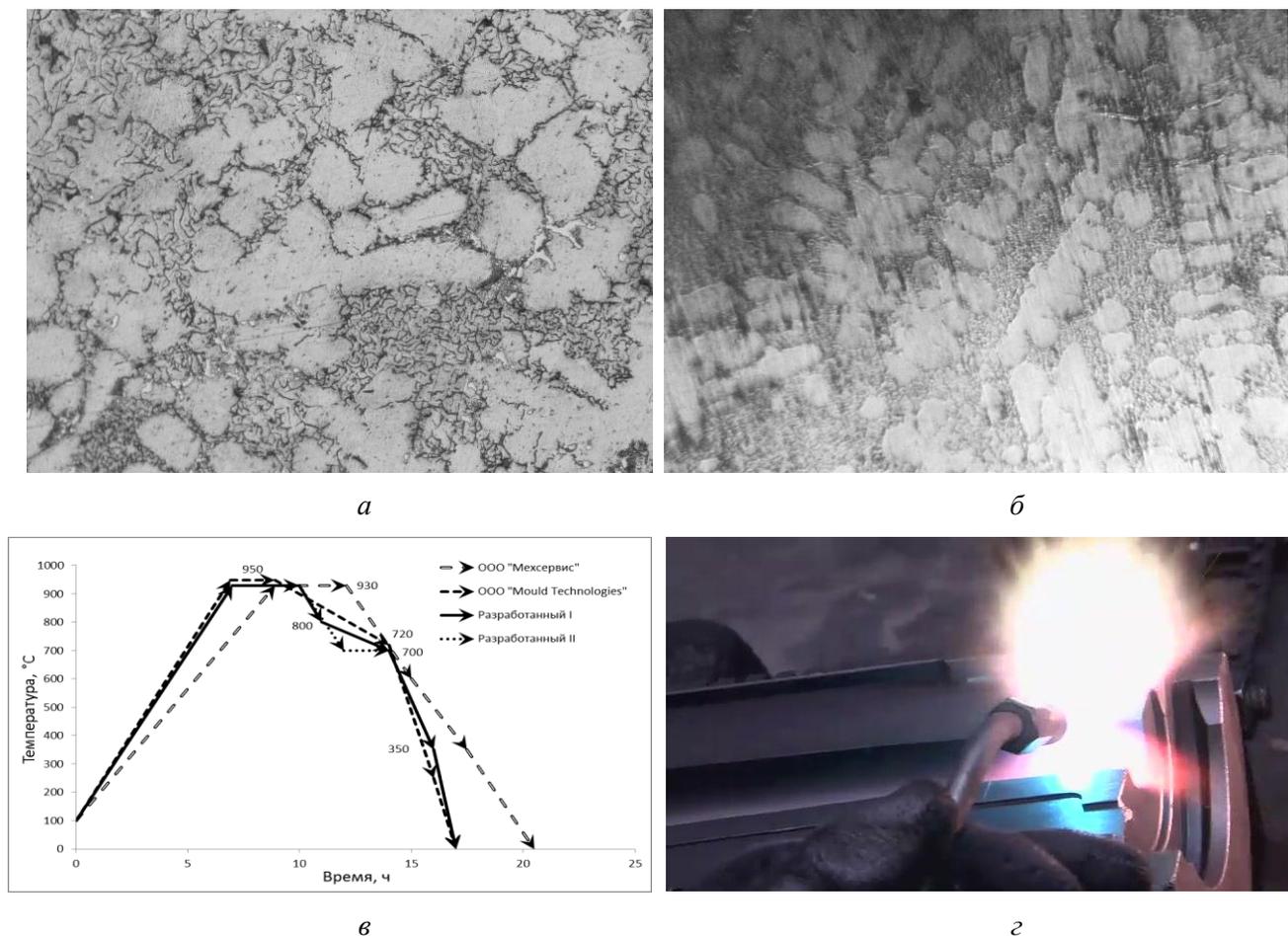
– технологии термической обработки отливок (рис. 3, в): высокотемпературный или графитизирующий отжиг, объемная или точечная закалка и т.д.;

– технология механической обработки (резаньем или электроэрозией, ротационный или фрезерный станок и т.д.), зависящая от конфигурации полости и габаритных размеров пресс-форм<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Исследования проводились на формовой оснастке для стеклоформирующих автоматов типов: AL-1110, BB-7, S-7 (ОАО "Красное Эхо" – ООО "Мехсервис"), U-8 M (ОАО "Свет" – ООО "Mould Tech").

<sup>4</sup> Пресс-формы для бутылок, все элементы которых имеют цилиндрическую форму, можно произвести на ротационном станке, обеспечивающем низкие затраты на передел. Для изготовления пресс-форм для бутылок несимметричной и нецилиндрической форм (квадратные, шестигранные, овальные) потребуется применение фрезерного станка, что повышает себестоимость производства [7].

4. Применение методов дополнительного упрочнения рабочих поверхностей и кромок (рис. 4, з).



**Рис. 3. Технология изготовления стеклоформ:**

а, б – микроструктуры серых чугунов с разным химическим составом,  $\times 100$  [травлено ниталом];  
в – режимы термической обработки заготовок;  
з – нанесение износостойкой никелевой наплавки

Авторами опробованы следующие низкзатратные способы совершенствования структуры чугуна, позволяющего повысить эксплуатационный ресурс формовых комплектов до 800...1000 тыс. теплосмен без повышения себестоимости изготовления заготовок:

- самоотжиг с "литейного нагрева" для интенсификации процесса формирования ферритной/аустенитной основы чугуна [9];
- внесение в расплав (присадкой ферросплавов, лигатур, модификаторов) относительно недорогих элементов (например, Si и Al), благоприятствующих графитизации и ферритизации чугуна [10];
- модифицирование с целью измельчения как макро- и микрзерна, так и изменения форм графитовых зерен и фазовых составляющих эвтектик [11].

#### **Экономические перспективы изготовления стеклоформирующих комплектов**

С целью неразглашения конфиденциальной информации о структуре себестоимости продукции на предприятиях-изготовителях оснастки был проведен CVP-анализ (Cost – Volume – Profit) по средним показателям заводов-изготовителей формовых комплектов с учетом новых условий. Расчет точки безубыточности производства (ТБП) связан с программой выпуска завода: как правило, стеклотарные заводы предпочитают иметь собственные подразделения для изготовления литых заготовок, термической и механической обработки.

Однако в связи с интенсивным сокращением неэффективных производственных мощностей в 2008...2010 гг. [2] образовались отдельные обособленные предприятия, в которых цена отпускаемой продукции и программа выпуска играют ключевую роль. Поэтому важным критерием оценки эффективности производства является расчет ТБП по причине наметившейся тенденции импортозамещения стеклоформирующей оснастки.

Себестоимость одной тонны заготовок из чугуна, легированного кремнием, хромом, и никелем, рассчитывалась исходя из распределения затрат по статьям на условно-переменные (УПр) и условно-постоянные (УПс) (табл. 1) с учетом минимальной программы выпуска продукции – 100 т.

Проведенные расчеты по средним показателям установили, что маржинальный доход (MR) составит 8 369 031 руб, а ТБП в денежном эквиваленте – 9 293 564 руб., в натуральном – 55.87 т высококачественных формовых комплектов. Таким образом, запас прочности предприятия ( $\Delta$ ) составит 44.17 т. График расчета ТБП представлен на рис. 4.

Таблица 1

## Результаты расчета себестоимости тонны заготовок стеклоформ

Статья затрат	руб./т	
	УПр	УПс
Сырье и материалы	17 512.53	
	17 512.53	0
Электроэнергия и природный газ	1 011.23	
	1 011.23	0
Оплата труда с начислением	2 822.86	
	1 129.15	1 693.72
Амортизационные отчисления	1 800.10	
	720.04	1 080.06
Цеховые расходы	959.60	
	767.68	191.92
Общезаводские расходы	2 380.77	
	0	2 380.77
Всего	26 487.09	
	21 140.62	5 346.47

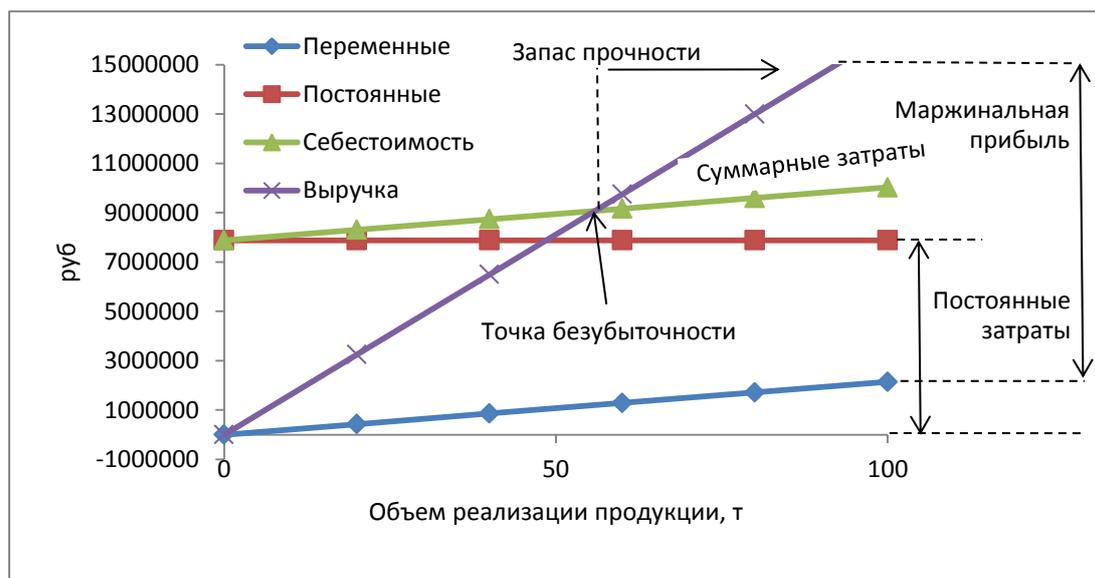


Рис. 4. График расчета точки безубыточности производства с учетом годовой программы выпуска продукции предприятием

Ранее проведенные исследования и расчеты [12] позволили установить, что наиболее востребованными технологиями изготовления заготовок стеклоформирующей оснастки являются:

- способ изготовления комплектов из серых чугунов с пластинчатой формой графита (ISO 185/JL/250...300, ISO R945 – тип I, ASTM A247 – типы VII и VIIA др.) и с процедурой последующего упрочнения рабочих кромок форм никелевой наплавкой (способ 1);
- способ изготовления комплектов из низколегированных чугунов с вермикулярной или квазипластинчатой (quasi-flake) формами графита: ISO 16112/JV/400...500/S, ASTM A247, типы II и IV, и др. (способ 2);
- способ изготовления комплектов из чугуна с дифференцированной по форме графита структурой (способ 3).

Однако эффективность внедрения этих технологий (в зависимости от целевого показателя) различна, а сравнить данные способы по показателям себестоимости изготовления тонны годного чугуна или капиталоемкости производства не представляется возможным, например, в виду технологической сложности приготовления отдельных марок сплавов из-за низкого качества отечественных шихтовых материалов (импорт которых на данный момент ограничен). При этом сравнение технологий представляется возможным провести методом принятия решения на множестве альтернатив по множеству сравниваемых показателей.

Известно, что для каждого измеряемого параметра оптимизации можно построить ранговый аналог. На основе рангового подхода (ранжирования) по пятибалльной шкале (0...4), то есть дискретной ограниченной области определения показателей, была проведена оценка действующих технологий изготовления формовых комплектов путем введения системы предпочтений на множестве значений, выполняя следующий алгоритм:

- отбор оптимального количества критериев (11 шт.);
- ранжирование критериев по степени их значимости (в порядке уменьшения значимости);
- определение весовых коэффициентов каждого значения критерия и нормирование полученных результатов;
- ранжирование вариантов технологии в соответствии с экспертной оценкой по каждому критерию;
- определение весовых коэффициентов сравниваемых технологий по каждому критерию и нормирование полученных результатов;
- обобщение результатов и принятие решения о выборе технологии по критерию максимального результата.

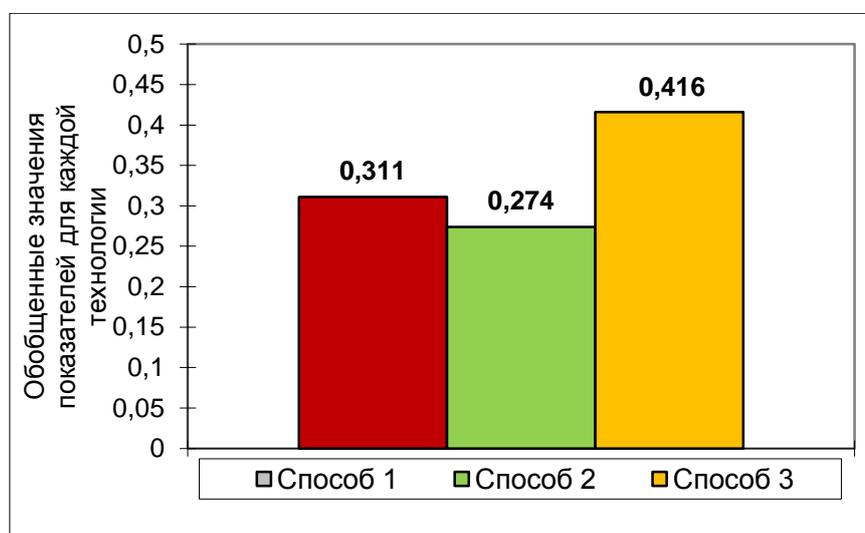


Рис. 5. Результаты расчета

Сравнивались следующие показатели: инвестиционные затраты, потребность в обслуживающем персонале, безопасность процесса, занимаемая площадь, дополнительное упрочнение рабочих кромок, качество шихтовых материалов (сырья), время изготовления литой детали, применение дополнительного оборудования, стоимость шихтовых материалов (сырья), дефектность получаемых деталей, эксплуатационный ресурс получаемых литых деталей.

По результатам расчетов методом принятия решения на множестве альтернатив по множеству сравниваемых показателей для разных способов производства деталей стеклоформ авторами установлено [13]: изготовление литых заготовок с дифференцированным расположением графитовых включений чугуна по сечению стеклоформы является наиболее экономически эффективным (способ 3). На рис. 5 представлены обобщенные значения сравниваемых показателей для разных способов производства стеклоформ.

### Заключение

Производство стеклянной тары ведется более чем на 70 заводах стекольной промышленности [14], а производство формовой оснастки – более чем на 100. Основные мощности сосредоточены в Центральном регионе – 44%.

Стекольная промышленность вносит весомый вклад в экономику ряда регионов и в течение последних 10 лет характеризуется значительным ростом [15], но при этом динамика развития стекольной промышленности нестабильна по причине высокой конкуренции мирового рынка стекла – импорт превышает экспорт. Возможности импортозамещения позволяют занять нишу европейских и американских компаний, поставляющих как формовую оснастку для изготовления стеклотары и саму стеклотару, так и шихтовые компоненты для их получения. Резкое повышение стоимости импортной продукции за счет изменения паритета покупательной способности отечественных и иностранных металлоформ позволяет наращивать производственные мощности, а интенсивный рост потребления стеклянной тары (в первую очередь бутылочной – 87,80% от всей тары) формирует спрос на высококачественную формовую оснастку, способную эксплуатироваться на линии до 700..1000 тыс. съемов при низких затратах на ее изготовление. Оптимальным вариантом – согласно расчетам авторов – является изготовление деталей стеклоформ с дифференцированной по форме графита структурой чугуна при минимальной программе производства в 55.87 т годных формовых комплектов в год.

### Библиографический список

1. **Грибков, А.А.** Федеральный образовательный портал "Экономический портал Institutiones.Com". Конкурентоспособность станкостроения России [Электронный ресурс] / А.А. Грибков, Д.В. Захарченко, А.А. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – М.: [б.и.], 2014. – Режим доступа: <http://institutiones.com/general/2219-konkurentosposobnost-stankostroeniya-rossii.html> (дата обращения: 15.02.2016).
2. **Осипов, В.И.** Основные тенденции развития стекольной промышленности в сложных экономических условиях // Тезисы доклада на Международной конференции "Стекло и современные технологии – XXI" (19 ноября 2014 г., г. Москва). – М., 2014. URL: [http://www.steklosouz.ru/docs/SIST19\\_11\\_2014/Osipov.V.I..pdf](http://www.steklosouz.ru/docs/SIST19_11_2014/Osipov.V.I..pdf) (Дата обращения: 11.12.2015).
3. Обзор рынка сбыта тарного стекла для пищевой промышленности в России. – М.: Info Mine (Маркетинговые исследования в области минеральных ресурсов, металлургии и химической промышленности), 2007. – 158 с.
4. **Щетинина, Е.Д.** Системный подход к управлению конкурентной активностью промышленного предприятия / Е.Д. Щетинина, А.А. Архипенко // Фундаментальные исследования. – № 3–2. – 2012. – С. 489–494.
5. **Морозов, В.В.** Исследование износостойкости упрочненных лазерным излучением кромок деталей формовых комплектов для литья стеклотары / В.В. Морозов, В.И. Югов, А.Н. Шлегель // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007. – №7 (31). – С. 52–56.
6. **Пат. 2276694 С1 РФ.** Способ изготовления чугунных литевых форм / Журавель В.М., Буханова И.Ф., Дивинский В.В. и др. Бюл. № 14. 20.05.2006.

7. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
8. Медяник, Н.Л. Производство стекла и стеклянной тары / Н.Л. Медяник [и др.]. – Магнитогорск: МГТУ, 2007. – 205 с.
9. Леушин, И.О. Оптимизация технологии производства чугунных литых заготовок стеклоформ с целью повышения эксплуатационного ресурса изделий / И.О. Леушин, Д.Г. Чистяков // Технология металлов. – 2014. – №1. – С. 38–43.
10. Леушин, И.О. Формирование термоокалиностойкой структуры посредством интенсификации процессов феррито- и графитообразования на примере отливок стеклоформ / И.О. Леушин, Д.Г. Чистяков // Литейные процессы: Межрегиональный сборник научных трудов под редакцией В.М. Колокольцева. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – С. 18–28.
11. Леушин, И.О. Упрочняющие фазы чугунных деталей стеклоформ с градиентной структурой литья / И.О. Леушин, Ю.А. Зиновьев, Д.Г. Чистяков // Литье и металлургия. – 2014. – №1 (74). – С. 62–68.
12. Леушин, И.О. Оценка целесообразности совершенствования технологии изготовления деталей чугунных стеклоформ методами многокритериальной экспертной оценки / И.О. Леушин, А.В. Нищенко, Д.Г. Чистяков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – №2(46). – С. 63–68.
13. Быстров, О.Ф. Управление инвестиционной деятельностью в регионах Российской Федерации / О.Ф. Быстров [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 358 с.
14. Волков, А.А. Российский рынок пищевой и стеклянной тары: особенности и тенденции развития // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2006. – №10(25). – С. 11–15.
15. Лебедев, В.Е. Особенности реализации резервов развития на предприятии стекольной промышленности: автореф. ... дис. канд. экон. наук. – Н. Новгород, 2011. – 24 с.

*Дата поступления  
в редакцию 31.10.2016*

**I.O. Leushin 1, D.G. Chistyakov, A.V. Nischenkov 1**

## **THE ANALYSIS OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF GLASS-PRESS-MOLDING EQUIPMENT AT THE DOMESTIC ENTERPRISES**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev<sup>1</sup>,  
Department of Math Modeling and Automation of Alumina Refineries,  
Ltd. "Engineering & Technology Center RUSAL" in St. Petersburg<sup>2</sup>

**Purpose:** Review and analyzing of glass-press-molding equipment (glass-press-molds), which using to mass release of glass containers.

**Approach:** Analyzing of dependence "cost of molding sets production" & "manufacturing process", using of method "Cost – Volume – Profit".

**Finding:** Possibility of production details (at domestic plants), which has an operation resource up to the world analogs (700...1000 thousand cycles), is proved.

**Research implications:** Research results will help to solve of optimization`s problem of glass-mold`s production as dependence "cost of production of molding sets" & "manufacturing process".

**Value:** The breakeven point in the conditions of process of import substitution of glass-molds is calculated.

*Key words:* glassware, glass-press-mold, preparation, equipment, molding set, cast iron, cost, efficiency.