

DOI: 10.12737/article_5abfc9c9a91c30.99169437

¹Вердиян М.А., д-р техн. наук, проф.,
²Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.,
³Тынников И.М., д-р техн. наук, проф.,
²Александрова Е.Б., канд. техн. наук, доц.,
²Герасименко В.Б., доц.,
¹АО НИИЦемент

²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
³Холдинговая компания АлфиГрупп

РАСЧЕТЫ КРИТЕРИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ

aleksandrova76@mail.ru

В статье рассмотрена методика оценки конкурентоспособности цементных заводов с учетом качества выпускаемой продукции и их энергетической эффективности. Впервые предложены и научно обоснованы критерии конкурентоспособности цементного производства и качества цемента, позволяющие определить степень энергоэффективности каждого завода. Такая оценка эффективности работы цементных заводов имеет важное научно-практическое значение, определяет их рыночную привлекательность, отражает качество работы, дает возможность объективно выбирать направление модернизации действующих заводов, либо строительства нового производства. Показаны бесспорные преимущества заводов мокрого производства цемента не только по экологическим, но и по топливно-энергетическим показателям. Полученные результаты дают основания рекомендовать для каждого завода его энергетический показатель себестоимости. При минимализации этого показателя возрастает рыночная конкурентоспособность выпускаемого цемента.

Ключевые слова: цементный завод, цемент, способ производства, конкурентоспособность, энергопотребление, себестоимость.

Разработка новых научно обоснованных критериев конкурентоспособности (КС) цементных производств и качества цемента (КЦ), описанных нами в работах [1–6], позволяет определить для каждого завода степень его энергетической эффективности. Сравнительная оценка эффективности работы различных цементных заводов имеет важное научно-практическое значение, поскольку такая оценка, во-первых, определяет рыночную привлекательность каждого завода, формирует его стоимость, отражая качество его работы, и, во-вторых, дает возможность объективно выбирать пути дальнейшей модернизации действующих производств и конкретный способ нового производства цемента.

В настоящей работе приводятся результаты расчетов критерия КС ряда цементных заводов мокрого (№ 1–7, 9, 11, 14) и сухого (№ 8, 10, 12, 13) способов производства, являющихся весьма показательными для сравнения, о чем свидетельствуют основные технико-экономические показатели их работы (см. таблицу 1).

Предлагаемый критерий КС определяется отношением себестоимости цемента к его качеству. При этом себестоимость цемента S выражается в кВт·ч/т, а качество цемента – в значениях его эксергии $E_{\text{цем}}$ (МДж/т), также выраженной в

кВт·ч/т через известное соотношение универсальной единицы измерения работы, энергии: 1 кВт·ч = 3,6 МДж. Выражение для КС имеет вид

$$КС = \frac{3,6C(\mathcal{E})}{E_{\text{цем}}; E_{\text{цем}} / d_{\text{ср}}}; \quad (1)$$

$$C(\mathcal{E}) = \frac{\mathcal{E}}{a} \cdot 100\%, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}, \quad (2)$$

где $C(\mathcal{E})$ – себестоимость цемента, выраженная через общий удельный расход электроэнергии \mathcal{E} на получение 1 т цемента и его долю a в общей структуре себестоимости; $d_{\text{ср}}$ – средний размер частиц цемента, мкм.

Пример: $\mathcal{E} = 90$ кВт·ч/т, $a = 15\%$. Тогда $C(\mathcal{E}) = \frac{90 \cdot 100}{15} = 600$ кВт·ч/т.

Чем меньше безразмерный критерий КС, тем лучше сравниваемый цемент и технология его получения, поскольку данный критерий отражает энергетическую эффективность отдельного цементного производства и учитывает общие энергозатраты на получение 1 т цемента, которые необходимо уменьшать, и качество цемента, которое следует повышать. Поэтому необходимо стремиться к минимальному значению критерия, т. е. к $КС_{\text{min}}$.

Методика и примеры определения критериев КС и КЦ подробно представлены в работах

[1–6] и здесь не рассматриваются. Отметим лишь, что исходными данными при этом являются: параметры работы завода: \mathcal{E} , a ; количество и качество каждой отгруженной партии цемента

($E_{\text{цемент}}/d_{\text{ср}}$), выраженное через химико-минералогический состав; распределение частиц по размерам (РЧР), определяемое на лазерном гранулометре; активность цемента A в различные сроки твердения (1, 2, 3, 7 и 28 сут) [13].

Таблица 1

Критерии конкурентоспособности (КС) различных цементных заводов (базовый $КС_{\text{баз}}=1,405$)

№ п/п	Завод	Средняя марка цемента, кгс/см²	$C_{\text{завод}}$ (себестоимость, руб/т, без НДС)	Место по $C_{\text{завод}}$	Электроэнергия на производство цемента			$C(\mathcal{E})_{\text{расч}}$, кВт·ч/т	$C_{\text{расч}}$, руб/т	Место по $C_{\text{расч}}$	$C_{\text{завод}} - C_{\text{расч}}$, руб/т	$КС_{\text{портлант}} = C_{\text{расч}}/A_{\text{пр.28}}$	Место по $КС_{\text{портлант}}$	$КС_{\text{лагуэр}} = C(\mathcal{E})/A_{\text{пр.28}}$	Место по $КС_{\text{лагуэр}}$
					Удельный расход, кВт·ч/т	Средний тариф, руб/кВт·ч, без НДС	Доля в себестоимости, %								
1	ОАО «Мальцовский портландцемент»	492,3	669,0	6	108,0	1,18	18,3	590,16	696,39	8	-27,39	1,414	3	1,198	4
2	ЗАО «Осколцемент»	483,0	696,8	8	94,8	1,31	18,3	518,03	678,62	6	+18,18	1,405	2	1,072	1
3	ОАО «Кавказцемент»	451,6	620,5	2	100,1	1,36	20,3	493,10	670,62	5	-50,12	1,484	4	1,091	2
4	ОАО «Белгородский цемент»	485,0	759,0	11	85,5	1,37	15,4	555,19	760,61	11	-1,61	1,568	7	1,144	3
5	ЗАО «Пикалевский цемент»	406,0	681,7	7	121,7	1,00	17,7	687,57	687,52	7	-5,87	1,693	9	1,693	10
6	ОАО «Ульяновскцемент»	400,0	731,3	10	105,0	0,92	13,7	766,42	705,10	9	+26,3	1,762	12	1,916	12
7	ОАО «Михайловцемент»	400,0	631,3	4	127,8	1,14	22,6	565,48	644,65	4	-13,35	1,611	8	1,413	5
8	ОАО «Липецкцемент»	421,0	635,3	5	129,2	1,06	21,5	600,93	636,98	2	-1,68	1,513	5	1,427	7
9	ОАО «Жигулевские стройматериалы»	419,8	979,1	13	129,1	1,03	13,8	935,50	963,57	13	+15,53	2,295	13	2,228	14
10	ОАО «Катавский цемент»	418,0	708,8	9	192,4	1,20	32,4	593,82	712,59	10	-3,79	1,704	10	1,420	6
11	ОАО «Савинский цементный завод»	400,0	1058,1	14	143,1	1,39	19,1	749,21	1041,4	14	+16,7	2,603	14	1,873	11
12	ОАО «Невьянский цементник»	412,5	627,4	3	161,8	1,00	25,1	644,62	644,62	3	-17,22	1,562	6	1,562	9
13	ОАО «Подгоренский цементник»	442,3	778,0	12	132,6	1,14	19,5	680,00	775,20	12	+2,8	1,752	11	1,537	8
14	ОАО «Ахангаранцемент»	417,0	602,2	1	129,5	0,62	14,7	880,95	546,10	1	+56,1	1,31	1	2,112	13

Расчет для базового завода: $\frac{94,8 \times 100}{18,3} = 518,03 \text{ кВт-ч/т}$; $518,03 \times 1,36 = 678,62 \text{ руб./т}$; $\frac{678,62}{483,0} = 1,405$.

По формуле (2) были определены значения $C(\mathcal{E})_{\text{расч}}$ [кВт·ч/т] и $C_{\text{расч}}$ [руб/т], которые приведены соответственно в графах 9 и 10 таблицы.

Заводское значение себестоимости $C_{\text{завод}}$ использовать для расчетов критерия КС не рекомендуется, поскольку обычно при определении $C_{\text{завод}}$ учитывается структура полной себестоимости цемента, включающая все экономические элементы затрат (сырье и основные материалы, покупные изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера, вспомогательные материалы, топливо со стороны, энергия всех видов со стороны, заработная плата промышленно-производственного персонала и отчисления на социальное страхование, амортизация основных средств, прочие расходы) [7]. Это приводит к большой погрешности, так как дисперсия $C_{\text{завод}}$ равна сумме дисперсий отдельных ее элементов:

$$D(C_{\text{завод}}) = D(1) + D(2) + \dots + D(5) + \dots + D(8), \quad (3)$$

где 1–8 – элементы затрат.

С точки зрения непрерывного учета, достоверного контроля и приборного измерения затрат электроэнергия является наиболее объективным и независимым параметром. Ее погрешность определяется только классом точности используемого счетчика, поэтому всегда

$$D(C_{\text{расч}}) < D(C_{\text{завод}}), \text{ так как } D(C_{\text{расч}}) = D \quad (5),$$

где $D(5)$ – энергия всех видов со стороны.

Это обеспечивает заметно меньшую погрешность, чем при определении $C_{\text{завод}}$. Ведь ошибка даже в 1 руб/т при выпуске 1 млн. т цемента приводит к значительным финансовым потерям. В этом можно убедиться при сравнении $C_{\text{завод}}$ и $C_{\text{расч}}$ (см. таблицу, графа 12). Расхождение при этом составляет от 1,61 до 50 руб/т. Это означает, что практически все цементные заводы должны существенно повысить

требовательность к методической части своих расчетов по всем показателям без исключения. Ошибок при определении $C_{завод}$ не должно быть в принципе; значение $C_{завод}$ проверяется формулой (2), и такие расчеты легко выполняются заводскими специалистами. Только на двух заводах (№ 4 и 8) наблюдается минимальное расхождение между $C_{завод}$ и $C_{расч}$.

В рамках настоящих исследований нам не удалось пока организовать определение прочностных (активности A) и эксергетических характеристик для каждой видо-марки выпускаемых заводами цементов, чтобы затем рассчитать эти величины для условной средней марки цемента (см. таблицу, графа 3) по формуле

$$A_{cp} = b_1 A_1 + b_2 A_2 + \dots;$$

$$[E/d_{cp}]_{cp} = b_1 [E/d_{cp}]_1 + b_2 [E/d_{cp}]_2 + \dots, \quad (5)$$

где b_1, b_2, \dots – доли выпускаемых видо-марок цемента с их концентрацией эксергии E/d_{cp} и активностью A для каждой отгружаемой партии.

Однако ранее нами [6] была установлена прямая зависимость активности цемента A_{28} от его концентрации эксергии, из которой следует, что чем больше E/d_{cp} , тем больше A_{28} . Поэтому есть все основания использовать модифицированный критерий КС и рассчитывать его, пока отсутствуют данные об эксергии, через отношение себестоимости к средней марке цемента. Значения $КС_{денеж} = C_{расч}/A_{cp,28}$ приведены в графе 13 таблицы. По этой величине заводы располагаются в определенной последовательности (см. графу 14), которая объективно отражает энергетическую эффективность и качество выпускаемой ими продукции. Такие данные получены впервые, поэтому представляют интерес выводы, сделанные на основе анализа результатов расчета. Главные из них заключаются в следующем:

1. Эффективность работы цементного производства следует оценивать по комплексному показателю, одновременно учитывающему энергетические затраты и качество выпускаемого клинкера, цемента. Таким показателем является критерий конкурентоспособности производства.

2. Оценка работы цементных заводов только по отдельным показателям, в том числе по себестоимости цемента, приводит к искаженным результатам и, соответственно, к принятию неверных решений по интенсификации производства. Это касается главного вопроса – выбора сухого или мокрого способа производства цемента [13].

3. Первые пять «призовых» мест занимают заводы мокрого способа производства цемента.

Это еще раз доказывает преимущества мокрого способа перед сухим. Аналогичные результаты представлены в работах С. И. Хвостенкова [8, 9]; расчетно-теоретическое обоснование этого факта с использованием эксергетического анализа в технологии цемента дано нами в работах [1–6].

Бесспорных преимуществ у заводов сухого способа производства цемента нет. Эти заводы (№ 8, 10, 12, 13) занимают соответственно 7, 6, 9 и 8-е места, сохраняя при этом свое главное преимущество – пониженное (примерно в 1,5 раза) абсолютное потребление топлива на обжиг клинкера.

4. Значения критерия КС рассматриваемых заводов свидетельствуют о том, что эффективность работы заводов сухого способа производства следует приближать к лучшим показателям эффективности работы заводов мокрого способа производства (№ 1–4), а не наоборот, как ошибочно считалось ранее.

5. Разработанный критерий КС позволяет объективно выбирать пути дальнейшей модернизации действующих заводов. И здесь предоставляется возможность впервые доказать, что в отдельных случаях можно обеспечить равенство энергетической эффективности некоторых заводов мокрого и сухого способов производства. Расчеты показывают, каким образом этого можно достичь.

Пример: ЗАО «Осколцемент» с $КС_2 = 1,405$ (1-е место) и ОАО «Липецкцемент» с $КС_8 = 1,513$ (7-е место) и $C_{расч} = 636,98$ руб/т. Требуется найти решение для достижения $КС_8 \leq 1,405$ в ОАО «Липецкцемент».

Вариант 1 связан с повышением средней марки цемента A_{cp} при постоянстве $C_{расч}$. Определяем величину этой новой A_{cp} :

$$A_{cp} = \frac{636,98}{1,405} = 453,36 \text{ кгс/см}^2;$$

$$КС_8 = \frac{636,98}{453,36} = 1,405.$$

В данном случае необходимо увеличить среднюю марку цемента с 421 до 453,36 кгс/см², т. е. на 32,36 кгс/см². Этого можно достичь путем повышения активности клинкера с оптимизацией на основе автоматизированной системы расчета (АСР) [5] вида используемых сырьевых компонентов и параметров сырьевой шихты, т. е. КН, n , p ; минералогического состава клинкера – C_3S , C_2S , C_3A и C_4AF . Важно отметить, что такой этап исследований успешно обработан нами в ЗАО «Осколцемент» [1–6].

Вариант 2 связан с уменьшением себестоимости $C_{расч}$. Определяем величину необходимого снижения $C_{расч}$:

$$КС8 = \frac{591,50}{421} = 1,405,$$

которая равна $636,98 - 591,50 = 45,48$ руб/т или 45,48

$\frac{1,06}{1,06} = 42,9$ кВт·ч/т, что составляет 7,13 % от общей себестоимости.

Таким образом, для достижения $КС8 \approx КС2$ необходимо либо повысить среднюю марку цемента на 32,36 кгс/см², либо снизить Срасч на 42,9 кВт·ч/т.

Вариант 3 связан с внедрением на заводе одновременно АСР и мельниц дискретно-непрерывного действия [5, 6], что и было сделано в ЗАО «Осколцемент».

6. На каждом заводе имеются резервы повышения энергетической эффективности производства. Для их выявления следует вначале рассчитать предельное значение $КС_{min}$, т. е. определить минимально возможные энергозатраты и максимально возможное качество цемента, которые могут быть достигнуты. Это можно обеспечить только на основе новых принципов организации выпуска цемента с максимальной эксергией в мельницах дискретно-непрерывного действия, что автоматически гарантирует снижение энергозатрат и повышение активности клинкера и цемента [5, 6, 11].

Представляется возможным по-новому организовать работу каждого завода путем установки конкретных заданий на значение критерия КС. Достижение этих количественных значений и является главным условием эффективности работы завода.

7. Полученные результаты убедительно свидетельствуют о том, что в технологических системах стройиндустрии целесообразно ввести новую рыночную характеристику объекта – его энергетический рейтинг.

Для цементной отрасли рейтинг – это показатель достижений конкретного завода в классификационном списке всех рассматриваемых цементных заводов, количественно определяемый по критерию КС [10].

Полученные результаты расчета критерия КС различных цементных заводов за 2006 год позволяют сделать главные выводы методологического характера:

8. Каждый цементный завод имеет свой и только свой персональный критерий. Цементные заводы нельзя противопоставлять друг другу по их критерию. Главные причины этого заключаются в следующем:

- каждый завод располагает собственной сырьевой базой, используя при этом различные по

своим физико-химическим и физико-механическим свойствам сырьевые карбонатные и алюмосиликатные компоненты со своими эксергетическими характеристиками;

- на каждом заводе используется своя технология и традиционное оборудование;

- средства автоматизации, контроля и управления процессами;

- уровень подготовленности специалистов завода.

9. Методологический вывод таков: цементные заводы обеспечивают выпуск необходимого количества цемента, но при этом, к большому сожалению, отсутствует перспектива развития технологии цемента. В частности, не решены для заводов вопросы оптимизации выбора оптимального состава сырьевых шихт, оптимальная схема превращения этих компонентов в шлам и муку, оптимизация работы шаровых трубных мельниц.

Главный вывод из сказанного:

- индустриальный период выпуска портландцемента общестроительного пользования закончился; нужно переходить к выпуску только адресных цементов с потребительскими свойствами.

Адресный портландцемент (ПЦ) – это стандартизированный ПЦ, впервые полученный (сформированный) на основе новой дисперсной системы, впервые комплексно учитывающий одновременно распределение частиц цемента по времени пребывания (РВП), размерам (РЧР), их эксергии, а также учитывающей условия работоспособности строительного материала, где ПЦ используется по его концентрации (С), температуре (Т) и давлению (Р) среды, где он используется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вердиян М.А., Тынников И.М., Марченков С.В. Критерии технологической конкурентоспособности цементного производства. Часть 1 // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 7. С. 62–65.

2. Вердиян М.А., Тынников И.М., Марченков С.В. Критерии технологической конкурентоспособности цементного производства Часть 2 // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 8. С. 32–34

3. Вердиян М.А., Тынников И.М., Марченков С.В. Методика расчета новых критериев эффективности цементного производства // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № № 9. С. 72–76.

4. Вердиян М.А. Эксергетический анализ процессов химической технологии (на примере технологии цемента). М.: РХТУ, 2004. 91 с.

5. Вердиян М.А., Адаменко О.Е., Воронин А.В. Эффективность новых технологических схем цементного производства // Цемент и его применение. 1995. № 4. С. 21–24.

6. Вердиян М.А., Платонов В. С. Технологическое обновление цементных заводов. Выбор пути // Цемент и его применение. 1996. № 4. С. 29–34.

7. Вердиян М.А., Вердиян А.М., Текучева Е. В. Автоматизированная система оптимизации сырьевых шихт на основе эксергетического анализа в технологии цемента // Цемент и его применение. 2003. № 3. С. 21–25.

8. Вердиян М.А., Несмеянов Н.П., Тынников И.М. Эксергетический анализ в задачах одновременного повышения эффективности работы мельниц и качества цемента. М.: МАСИ, 2005. 101 с.

9. Богданов В.С., Д.В. Богданов, Семикопенко И.А. Процессы в производстве строительных материалов. Старый Оскол.: ТНТ, 2017. 436 с.

10. Хвостенков С.И. Сравнительные технико-экономические показатели сухого и мокрого способов производства портландцемента // Строительные материалы. 2005. № 5. С. 16–19.

11. Хвостенков С.И. О достоинствах мокрого способа производства портландцемента // Строительные материалы. 2006. № 11. С. 24–29.

12. Богданов В.С. Механическое оборудование промышленности стройматериалов. Белгород, 1998. 180 с.

13. Ильин Д.В., Вердиян М.А., Несмеянов Н.П. Комплексная технологическая безопасность цементных заводов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5 С. 83–86.

Информация об авторах

Вердиян Мэлс Аспандарович, доктор технических наук, профессор.

АО НИИЦемент.

Россия, 142101, Московская обл., г. Подольск, ул. Плещеевская, д. 15.

Богданов Василий Степанович, доктор технических наук, профессор.

E-mail: v.bogdanov1947@gmail.com

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Тынников Иван Михайлович, доктор технических наук, профессор.

E-mail: tynnikov49@mail.ru

Холдинговая компания АлфиГрупп.

Россия, 241050, г. Брянск, ул. Красноармейская, д. 136 Б

Александрова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент.

E-mail: aleksandrova76@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Герасименко Вера Борисовна, доцент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в декабре 2017 г.

© Вердиян М.А., Богданов В.С., Тынников И.М., Александрова Е.Б., Герасименко В.Б., 2018

M.A. Verdiyanyan, V.S. Bogdanov, I.M. Tynnikov, E.B. Alexandrova, V.B. Gerasimenko CALCULATION OF THE COMPETITIVE ABILITY CRITERIA OF CEMENT PLANTS

The article describes the method of assessing the competitiveness of cement plants, taking into account the quality of products and their energy efficiency. For the first time the criteria of cement production competitiveness and of cement quality have been offered and scientifically grounded, which allowed defining the degree of energy efficiency of each plant. This evaluation of the performance of cement plants is of great scientific and practical importance, as it determines their market attractiveness, reflects the quality of their operation, makes it possible to objectively choose the direction of the existing plants modernization, or of the construction of a new plant. The advantages of wet-method cement production plants not only in ecological, but also on fuel and energy indicators have been demonstrated. The obtained results give grounds to recommend for each plant its energy cost index. The market competitiveness of the produced cement increases with the minimization of this cost index.

Keywords: cement plant, cement, production method, competitiveness, energy consumption, production costs.

REFERENCES

1. Verdiyana M.A., Tynnikov I.M., Marchenkov S.V. Criteria of technological competitiveness of cement production. Part 1 // Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2007, no. 7, pp. 62–65.
2. Verdiyana M.A., Tynnikov I.M., Marchenkov S.V. Criteria of technological competitiveness of cement production. Part 2 // Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2007, no. 8, pp. 32–34.
3. Verdian M.A., Tynnikov I.M., Marchenkov S.V. Method of calculating new criteria for the effectiveness of cement production // Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2007, no. 9, pp. 72–76.
4. Verdian M.A. Exergetic analysis of the processes of chemical technology (using the example of cement technology). Moscow: RChTU, 2004. 91 p.
5. Verdian M.A., Adamenko O.E., Voronin A.V. Efficiency of new technological schemes of cement production // Cement and its application, 1995, no. 4, pp. 21–24.
6. Verdiyana M.A., Platonov V.S. Technological renewal of cement plants. Path selection // Cement and its application, 1996, no. 4, pp. 29–34.
7. Verdian M.A., Verdiyana A.M., Tekucheva E.V. Automated system for optimization of raw materials based on exergic analysis in cement technology // Cement and its application, 2003, no. 3, pp. 21–25.
8. Verdian M.A., Nesmeyanov N.P., Tynnikov I.M. Exergetic analysis in the tasks of simultaneous increase in the efficiency of mills and the quality of cement. Moscow: MASI, 2005. 101 p.
9. Bogdanov V.S., Bogdanov D.V., Semikopenko I.A. Processes in the production of building materials. Stary Oskol: TNT, 2017, 436 p.
10. Khvostenkov S.I. Comparative technical and economic indicators of dry and wet methods of Portland cement production // Stroitel'nye Materialy, 2005, no. 5, pp. 16–19.
11. Khvostenkov S.I. On the advantages of a wet method of Portland cement production // Stroitel'nye Materialy, 2006, no. 11, pp. 24–29.
12. Bogdanov V.S. Mechanical equipment of the building materials industry. -Belgorod, 1998, 180 p.
13. Il'in A.S., Verdiyana M.A., Nesmeyanov N.P. Complex technological safety of cement plants // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2013, no. 5, pp. 83–86.

Information about the author

Mels A. Verdiyana, PhD, Professor.

Niicement Stock company.

Russia, 142101, g. Podolsk, st. Plescheevskaya, 15.

Vasiliy S. Bogdanov, PhD, Professor

E-mail: v.bogdanov1947@gmail.com

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ivan M. Tynnikov PhD, Professor.

E-mail: tynnikov49@mail.ru

Holding company AlfiGroup

Russia, 241050, Bryansk, st. Krasnoarmeyskaya, 136 B.

Elena B. Alexandrova, PhD, Assistant professor.

E-mail: aleksandrova76@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Vera B. Gerasimenko, Assistant professor.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in December 2017