

11. **Шеремет В.А.** Аглодоменное и коксовое производство КГГМК “Криворожсталь” // Труды V Международного конгресса доменщиков “Производство чугуна на рубеже столетий”. – Днепропетровск: Пороги, 1999. – С. 6-14.
12. **Шеремет В.А.** Развитие доменного производства Криворожского государственного горно-металлургического комбината “Криворожсталь” // Труды Международной научно-технической конференции посвященной 70-летию КГГМК “Криворожсталь” “Теория и практика производства чугуна”. Кривой Рог, 2004. – С. 5-12.
13. Состояние технологии доменной плавки и основные направления ее совершенствования / **С.Т. Плискановский, И.Г. Товаровский, Ю.А. Приходько** и др. // Труды V Международного конгресса доменщиков “Производство чугуна на рубеже столетий”. – Днепропетровск: Пороги, 1999. – С. 31-37.
14. **Павлов М.А.** Metallurgy of iron. Part II. Blast furnace process. Ed. 6. – M.: Metallurgizdat, 1949. – 628 p.
15. **Козлов И.З.** Процессы восстановления и окисления в мощных доменных печах. Под редакцией М.А. Павлова. – Л-М: Metallurgizdat, 1951. – 300 p.
16. **Стефанович М.А.** Анализ хода доменного процесса. – Свердловск: Metallurgizdat, 1960. – 286 p.
17. **Рамм А.Н.** Современный доменный процесс. – М.: Metallurgiya, 1980. – 304 p.
18. **Китаев Б.И., Ярошенко Ю.Г., Лазарев Б.Л.** Теплообмен в доменной печи. – М.: Metallurgiya, 1966. – 356 p.
19. **Готлиб А.Д.** Доменный процесс. – М.: Metallurgizdat, 1958. – 510 p.
20. **Тетеревятников Е.Г., Андронов В.Н.** Работа доменной печи на давлении под колошником до 1,3 ати // Сталь, 1957. – №3. – С. 200-204.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.12

УДК 662.749:067.5

В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, И.А. ЛЯХОВА, канд. техн. наук,  
В.П. СОКОЛОВА, канд. техн. наук, доц., Д.А. КАССИМ, канд. техн. наук,  
КМИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ В УГОЛЬНОЙ ШИХТЕ НА КАЧЕСТВО ДОМЕННОГО КОКСА

Высокая влажность угольной шихты и большие ее колебания наиболее сильно влияют на прочностные свойства кокса. Шихта должна поступать в углеподготовительные цеха коксохимических предприятий с содержанием влаги не выше 6-7 % или необходимо принимать меры для ее сушки на коксохимических предприятиях.

При классической технологии слоевого коксования марочный состав и свойства угольной шихты являются главными факторами, которые определяют физико-механические свойства кокса, а при подготовке углей и шихт для коксования главным фактором является насыпная масса угольной шихты. В то же время наибольшее влияние на насыпную массу угольной шихты, без применения механических способов ее увеличения (трамбование, брикетирование и т.д.), оказывает содержание в ней влаги, золы и степень помола шихты. В свою очередь, эти факторы влияют на тепловой режим процесса коксования, физико-механические свойства кокса, выход и качество химических продуктов коксования [1-3]. Следует при этом подчеркнуть преобладающее влияние содержания влаги в шихте на тепловой режим коксования и изменение градиента усадок шихты при ее коксовании по сравнению с ее влиянием на насыпную массу шихты. Не всегда увеличение насыпной массы шихты приводит к улучшению качества кокса, если при этом влажность шихты не снижается, а растет. Аналогичным образом ведет себя и зола. Так при увеличении зольности шихты насыпная масса растет, а механическая прочность кокса падает, т.к. частички золы являются концентраторами напряжения в кусках кокса, из-за чего они разрушаются.

Изучению влияния влажности шихты на изменение ее насыпной массы посвящено большое число работ. Так данные, приведенные в работе [3], показывают, что при общей влажности угля 1 % его насыпная масса с увеличением степени помола растет и имеет максимум при содержании класса 3-0 мм от 75 до 80 %. При влажности 2 % характер кривой тот же, но максимум выражен менее четко и находится в области содержания класса 3-0 мм около 90 %. Увеличение влажности с 4 до 8 % и выше вызывает резкое уменьшение величины насыпной массы угольной шихты при любом содержании класса 3-0 мм, что подчеркивает наибольшее влияние влажности шихты на ее насыпную массу. В этой работе также приведены графики зависимости насыпной массы угля от влажности для узких классов его ситового состава. Самую низкую насыпную массу имеет “отошающая” фракция 0-0,5 мм при влажности 10-14 %.

Исследованиями, проведенными на ОАО “Западно-Сибирский металлургический комбинат” [4], показано, что влажность угольной шихты оказывает существенное влияние на харак-

тер процессов, протекающих в камере коксования, и качество кокса. Влияние влажности шихты на физико-механические свойства кокса объясняются как изменением условий теплопередачи в угольной загрузке по высоте коксового пирога на различных этапах ее коксования, так и некоторым снижением готовности кокса в связи с изменением температур из-за необходимости затрат дополнительной теплоты на удаление балластной влаги. Опытные коксования угольных шихт с разным марочным составом и уровнем влажности показали существенные изменения готовности пирога, и как следствие, прочностных характеристик доменного кокса. Установлено, что повышение влажности шихты с 7,3 до 12,6 % приводит к увеличению истираемости кокса по показателю  $M_{10}$  с 8,6 до 10,2 % и росту класса +80 мм с 29,9 до 49,9 %.

Исследования, проведенные на Ясиновском коксохимическом заводе на шихтах с шестью вариантами по влажности, показали, что с увеличением влажности шихты качество кокса снижается. Повышение влажности с 8,1 до 14,7 % привело к снижению прочности кокса по показателю  $M_{40}$  с 75,8 до 73,5 % и увеличению истираемости кокса по показателю  $M_{10}$  с 6,7 до 8,9 %. В работе также показано, что даже небольшие изменения влажности шихты приводят к значимому изменению физико-механических свойств кокса [5].

В связи с таким влиянием влаги на показатели качества кокса, значительный эффект в улучшении этих показателей наблюдается при глубокой сушке шихты, технология которой была неоднократно опробована на Харьковском коксохимическом заводе по предложению УХИ-На [6, 7]. Исследованиями было установлено, что снижение влажности шихты с 10,2 до 2,4 % приводит к росту ее насыпной массы с 699 до 857 кг/м<sup>3</sup> и увеличению разовой загрузки в печи на 21,1 %. Одновременно со снижением влажности шихты происходит уменьшение периода коксования до 2 часов. Выход металлургического кокса соответственно увеличивается на 21,5 % при росте общей производительности печи на 40,5 %. Улучшается и качество кокса, так снижение влажности шихты приводит к повышению коэффициента газопроницаемости насыпной массы кокса с 259 до 283 и росту прочности кускового кокса с 7,41 до 8,09 кг·об/дм<sup>2</sup> (по методу К.И. Сыскова [1]). При уменьшении влажности шихты показатель  $M_{40}$  увеличивается на 1,1-1,8 %, а  $M_{10}$  уменьшается на 1-2,1 %.

Авторы работы [10], изучая изменения насыпных масс угольной шихты состава: Г 30 %, Ж 38 %, К 17 % и ОС 15 %, подготовленной по схеме раздельного дробления при измельчении 90 и 84,6 % класса  $\leq 3$  мм в зависимости от влажности шихты, установили, что минимальная насыпная масса на уровне 657 и 694 кг/м<sup>3</sup> наблюдается при влажности шихты 7,54-7,43 %. В то же время при влажности 2,14 % (измельчение 90 %) и влажности 2,35 % (измельчение 84,6 %) максимальная насыпная масса в пересчете на сухую шихту соответственно составляет 819 и 852 кг/м<sup>3</sup>. Уменьшение степени измельчения угольной шихты с 90 до 84,6 % класса  $\leq 3$  мм при одинаковой влажности увеличивает насыпную массу в среднем на 4 %. Опытные коксования угольной шихты разной влажности и степени помола показали, что снижение влажности шихты оказывает заметное влияние на изменение физико-механических свойств кокса. Так выход классов >80 мм уменьшается на 2,2-11,7 %, а выход класса 40-80 мм увеличивается на 1-13 %, что особенно заметно в коксе из шихт укрупненного измельчения. Ситовый состав кокса, полученного из подсушенных шихт, становится более равномерным. Подсушка шихты позволила увеличить показатель  $M_{40}$  на 2,2-4,8 % и уменьшить  $M_{10}$  на 1,8-5,1 %.

Кроме этого, как отмечают авторы работы [6], и по нашему мнению это очень важно, кокс из подсушенных шихт характеризуется постоянством (стабильностью) показателей качества по физико-механическим свойствам, так как плотность загрузки подсушенной шихты при снижении ее влажности становится более равномерной по длине и высоте печной камеры.

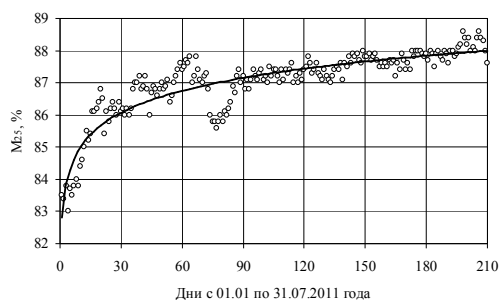
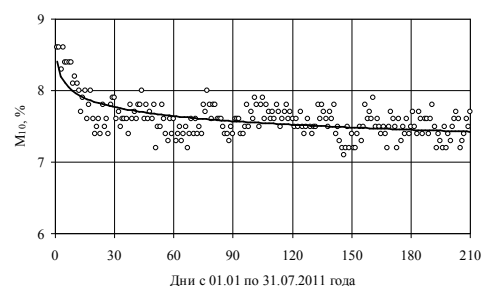
Работы по предварительной сушке углей проводились и за рубежом. Во Франции на заводе Агонданже две коксовые батареи были переведены на коксование угольной шихты, подсушенной до 1-2 % влажности, что дало возможность увеличить содержание слабоспекающихся газовых углей в шихте до 70 % при сохранении на высоком уровне качества металлургического кокса с увеличением производительности действующих печей [8].

Авторы работы [9] провели эксперимент с целью дать ответ на вопрос, что является основной причиной изменения качества кокса при сушке шихты – происходящее изменение насыпной массы или изменение условий переноса тепла в загрузку? Были проведены сравнительные коксования шихт влажностью 3, 6, 9 и 12 % с коксованием шихты постоянной влажности 12 %, уплотненной специальным способом до уровня величин, которые были получены для шихт

влажностью 3,6 и 9 %. Исследованиями было показано, что кривая изменения насыпной массы шихты при фактической влажности круто снижается в диапазоне влажности 3-7 % и проходит через минимум при влажности 9-10 %. Кривая изменения насыпной массы шихты при пересчете на сухую массу также круто снижается в диапазоне влажности 3-9 % и проходит через минимум при влажности 12 %. При снижении влажности шихты с 12 до 3 %, сопровождаемой повышением фактической насыпной массы шихты, происходят следующие изменения показателей качества кокса: увеличивается механическая прочность кокса по показателю  $M_{40}$  на 2,2 %; снижается истираемость по показателю  $M_{10}$  на 1,9 %; увеличивается структурная прочность на 6,1 % и снижается пористость кокса на 5,1 %. При увеличении насыпной массы шихты (при постоянной влажности) с 705 до 859 кг/м<sup>3</sup>, т.е. в тех же пределах, что и при снижении влажности с 12 до 3 %, происходит: увеличение показателя  $M_{40}$  на 0,9 %; увеличение структурной прочности на 3,3 % и снижение пористости на 1 %. Влияние влажности на качество кокса сказывается в основном в интервале 9-12 %, а влияние насыпной массы главным образом при высоких ее значениях, соответствующих изменению влажности в пределах 3-6 %.

Немаловажным является и вопрос экономической эффективности предварительной сушки углей перед коксованием. Расчеты, выполненные автором работы [10] показывают, что как по удельным капитальным вложениям, так и по эксплуатационным затратам коксовые печи, как сушильные устройства, уступают даже таким несовершенным сушилкам как барабанные. Эксплуатационные расходы на испарение 1 тонны влаги в коксовых печах выше, чем в барабанных сушилках в 3,9 раза. Объясняется это тем, что сушка шихты вне коксовой камеры не связана факторами, определяющими оптимальные условия коксования: шириной коксовой камеры, отсутствием возможности перемешивания шихты, обогревом через стенку, определенной скоростью нагрева и т.д. В коксовой камере в процессе полного удаления влаги из угольной загрузки вся масса угля должна быть прогрета до температуры выше 100 °С, в то время как в барабанной сушилке температура не поднимается выше 70 °С. При сушке шихты вне коксовой камеры отпадает необходимость перегрева водяных паров до температуры эвакуации газо-парообразных продуктов коксования, кроме того появляется возможность утилизации тепла дымовых газов коксовых печей, что может положительно сказаться на снижении эксплуатационных затрат процесса сушки шихты. Кроме барабанных сушилок существуют аппараты сушки угольной шихты в кипящем слое, у которых интенсивность сушки в 6-8 раз выше, чем у барабанных сушилок. Расход тепла на испарение влаги в сушилках с кипящим слоем ниже, чем в барабанных сушилках и коксовых печах. На Макеевском коксохимическом заводе провели испытания коксования шихты после сушки в аппарате с кипящим слоем. Качество кокса даже при незначительном снижении влажности шихты с 12,22 до 10,55 % выросло, так показатель прочности кокса  $M_{40}$  вырос с 75,48 до 77,23 %, а показатель истираемости кокса  $M_{10}$  снизился с 8,0 до 7,4 %. Эксплуатационные расходы на испарение 1 тонны влаги в аппаратах с кипящим слоем ниже, чем в коксовых печах в 5,7 раза [10].

Превалирующее влияние влажности шихты и ее колебаний на качество кокса хорошо иллюстрируется результатами работы коксовых батарей 1-4 КХП ПАТ «АрселорМиттал Кривой Рог» в 2011 году. В период с 01.01 по 31.07 2011 года на эти батареи поступали угольные концентраты в среднем от 9 поставщиков. Показатели качества шихты были следующие (средние за период):  $u$  - 18 мм,  $V_t$  - 75 %,  $\Sigma OK$  - 23 %,  $R_o$  - 1,11 %,  $C_{ш}$  - 60,7 %,  $K_{ш}$  - 2,6 %. Марочный состав: Г - 10,8 %, Ж - 67,1 %, К - 14 %, ОС - 5,5 % и 2,6 % остальные. При этом в период с 01.01 по 31.07 2011 года на этих батареях наблюдался значительный рост показателей прочности кокса  $M_{25}$  с 83,0 до 88,6 % (рис. 1) и снижение показателя истираемости кокса  $M_{10}$  с 8,6 до 7,2 % (рис. 2).

Рис. 1. Динамика изменения показателя  $M_{25}$ Рис. 2. Динамика изменения показателя  $M_{10}$

Что же привело к такому росту качества кокса? Для ответа на этот вопрос проанализируем, как в этот период изменялись показатели качества шихты. Так, насыпная масса шихты увеличилась с 0,774 до 0,792 т/м<sup>3</sup> (рис. 3), содержание класса 0-3 мм в шихте вначале снизилось с 88,2 до в среднем 86,7; а затем снова выросло до 87,6 %, при этом также изменялось и содержание в угольной шихте “отошающего” класса 0-0,5 мм с 47,5 до в среднем 45,4 и затем до 46,3 %. Содержание золы в шихте в этот период в среднем было 9,2-9,7 %. Наиболее значительно за весь период снижалось содержание влаги в шихте с 11,4 до 6,6 % (рис. 4), что, в общем, и привело к повышению насыпной массы шихты и улучшению качества кокса по показателям  $M_{25}$  и  $M_{10}$ .

Следует обратить внимание и на высокую колеблемость показателей  $M_{10}$  кокса и содержания золы и влаги в шихте. Так коэффициенты вариации соответственно составили:  $M_{25}$  - 0,54 %,  $M_{10}$  - 2,63 %, насыпная масса шихты - 0,36 %, степень дробления шихты 0-3 мм - 0,26 %, “отошающий” класс 0-0,5 мм - 0,94 %, содержание золы - 3,68 % и содержание влаги - 8,81 %.

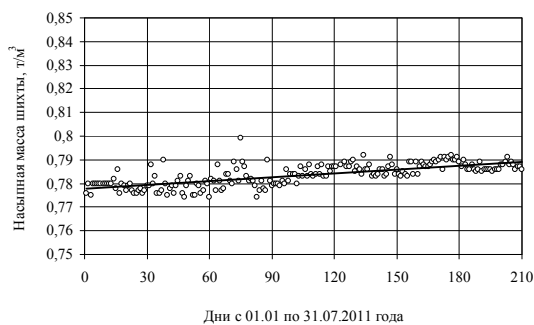


Рис. 3. Динамика изменения насыпной массы шихты

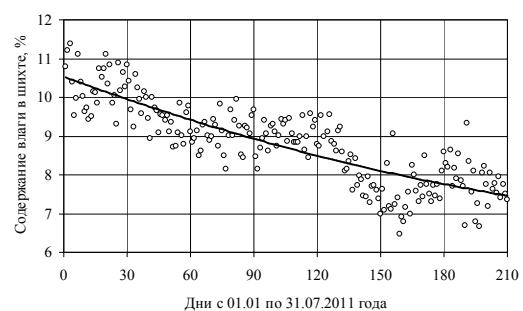
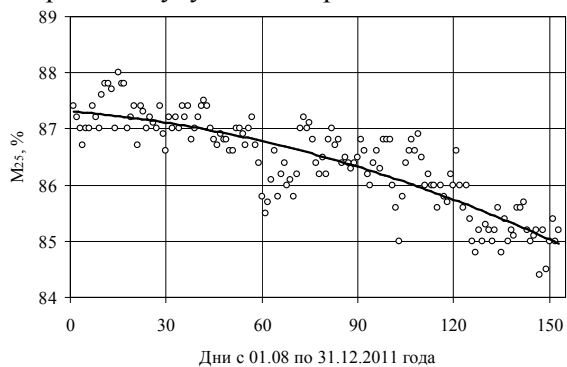
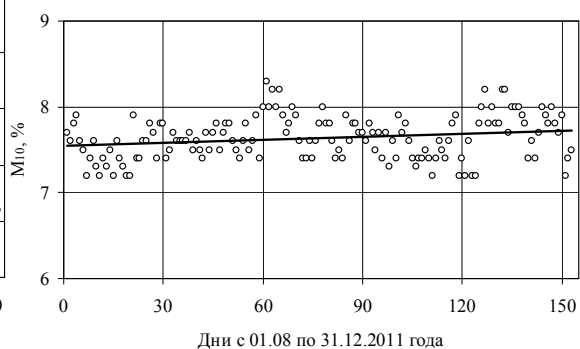


Рис. 4. Динамика изменения содержания влаги в шихте

Во втором рассматриваемом периоде с 01.08 по 31.12 2011 года на 1-4 батареи поступали угольные концентраты в среднем от 8 поставщиков. Показатели качества шихты были следующие (средние за период):  $y$  - 19 мм,  $V_t$  - 75 %,  $\Sigma OK$  - 23 %,  $R_o$  - 1,1 %,  $C_{ш}$  - 69,0 %,  $K_{ш}$  - 3,0 %. Марочный состав: Г - 5,0 %, Ж - 75,8 %, К - 16,3 %, ОС - 1,8 % и 1,1 % остальные. В период с 01.08 по 31.12 2011 года показатель прочности кокса  $M_{25}$  стал резко падать с 88,0 до 84,5 % (рис. 5), а показатель истираемости  $M_{10}$  вырос с 7,3 до 8,0 % (рис. 6). Что же в этом случае стало причиной ухудшения прочностных показателей качества кокса?

Рис. 5. Динамика изменения показателя  $M_{25}$ Рис. 6. Динамика изменения показателя  $M_{10}$ 

Насыпная масса в сравнении с первым периодом увеличилась более значительно с 0,783 до 0,820 т/м<sup>3</sup> (рис. 7), содержание класса 0-3 мм в шихте резко снизили с 87,4 до в среднем 76,6 %, при этом также снизилось и содержание в шихте “отошающего” класса 0-0,5 мм с 46,0 в среднем до 36,6 %. Содержание золы в шихте в этот период изменялось (в среднем) в том же диапазоне, что и в первом периоде. Содержание влаги в шихте в этот период увеличилось в среднем с 7,3 до 8,7 % при значительной колеблемости содержания влаги в шихте, коэффициент вариации вырос с 8,81 % в первом периоде до 9,43 % во втором периоде (рис. 8).

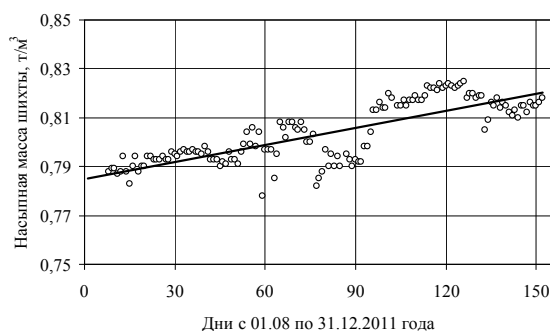


Рис. 7. Динамика изменения насыпной массы шихты

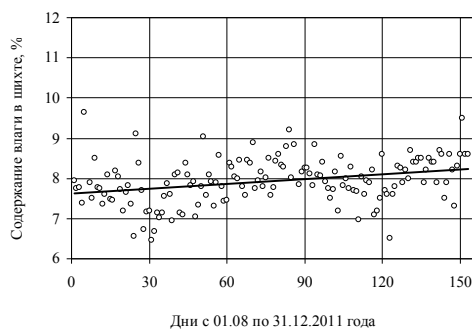


Рис. 8. Динамика изменения содержания влаги в шихте

Коефіцієнти варіації остальных показателів качества кокса и шихты во втором периоде составили:  $M_{25}$  - 0,46 %,  $M_{10}$  - 2,95 %, насыпная масса - 0,71 % (вырос в два раза в сравнении с первым периодом), степень дробления 0-3 мм - 0,79 % (вырос в три раза), “отошающий” класс 0-0,5 мм - 2,74 % (вырос в три раза), содержание золы - 1,92 %.

Таким образом, несмотря на существенный рост насыпной массы, который произошел за счет значительного снижения степени дробления и содержания в шихте «отошающего» класса, а также за счет роста содержания золы в шихте, показатели качества кокса  $M_{25}$  и  $M_{10}$  ухудшились. Объяснить это можно ростом, прежде всего, содержания влаги в шихте и возросшими ее колебаниями в этом периоде, а также увеличением колеблемости насыпной массы, степени дробления и содержания “отошающего” класса в шихте. Качество кокса ухудшилось из-за доминирующего влияния содержания влаги в шихте и ее колебаний на тепловой режим коксования и изменение градиента усадок шихты при ее коксовании.

Используя данные промышленных опробований, провели множественный корреляционный анализ для определения влияния содержания золы  $A$ , класса 0-3 мм, класса 0-0,5 мм и влаги  $W$  в шихте на показатели качества кокса  $M_{25}$ ,  $M_{10}$  и насыпную массу  $\rho_{ш}$  шихты. Получены регрессионные уравнения

$$M_{25} = 95,66 - 0,39 \cdot (A) - 0,1 \cdot (0-3 \text{ мм}) + 0,28 \cdot (0-0,5 \text{ мм}) - 0,9997 \cdot (W); \quad (1)$$

$$M_{10} = 1,28 + 0,12 \cdot (A) + 0,1 \cdot (0-3 \text{ мм}) - 0,11 \cdot (0-0,5 \text{ мм}) + 0,19 \cdot (W); \quad (2)$$

$$\rho_{ш} = 1,14 + 0,0002 \cdot (A) - 0,005 \cdot (0-3 \text{ мм}) + 0,002 \cdot (0-0,5 \text{ мм}) - 0,004 \cdot (W). \quad (3)$$

Более высокие коэффициенты регрессии характерны для фактора влажности шихты, что свидетельствуют о наибольшем влиянии влаги на рассматриваемые показатели качества кокса и шихты. Множественный коэффициент корреляции для полученных уравнений, соответственно, составил 0,95; 0,85 и 0,99.

Высокая влажность шихты и существенные ее колебания наиболее сильно влияют на прочностные свойства кокса. Шихта должна поступать в углеподготовительные цеха коксохимических предприятий с содержанием влаги не выше 6-7 % или необходимо принимать меры к ее сушке на коксохимических предприятиях. В настоящее время на КХП ПАТ “АрселорМиттал Кривой Рог” в соответствии с техническими условиями принимают угольные концентраты с влажностью до 13 %, что значительно снижает качество производимого доменного кокса.

#### Список литературы

1. Сысков К.И. Теоретические основы оценки и улучшения качества кокса. – М.: Metallurgiya. – 1984. – 184 с.
2. Гофман М.В. Прикладная химия твердого топлива. – М.: Metallurgizdat, 1963. – 597 с.
3. Агроскин А.А., Шелков А.К. Расширение угольной базы коксования. – М.: Metallurgiya, 1962. – 302 с.
4. Гайниева Г.Р. Влияние свойств шихты, условий ее подготовки и коксования на технологические характеристики кокса / Кокс и химия. – 2008. – №10. – С. 8-13.
5. Бронников В.К., Эйдельман Е.Я. Влияние влажности шихты на физико-механические свойства кокса / Кокс и химия. – 1973. – №10. – С. 12-15.
6. Влияние глубокой сушки угольной шихты на производительность коксовых печей // В.Г. Зашквара, А.Г. Дюканов, В.Н. Семисалова и др. // Кокс и химия. – 1969. – №3. – С. 19-23.
7. Результаты исследований по коксованию подсушенных шихт донецких углей / В.Г. Зашквара, Ю.Б. Тютюнников, С.Е. Сениченко и др. // Кокс и химия. – 1966. – №7. – С. 10-12.
8. Житов Б.Н., Макаров Г.Н., Дворин С.С. Коксование предварительно нагретых угольных шихт // Кокс и химия. – 1964. – №2. – С. 16-23.
9. Борсук В.И., Ковалевская М.М., Эйдельман Е.Я. Влияние влажности шихты на качество кокса / Кокс и хи-

мия. – 1971. – №4. – С. 20-24.

10. Лялюк В.С. Вопросы экономики сушки донецких углей / Кокс и химия. – 1966. – №8. – С. 57-60.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.12

УДК 669.749.2

В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, В.П. СОКОЛОВА, канд. техн. наук, доцент,  
И.А. ЛЯХОВА, канд. техн. наук, Д.А. КАССИМ, канд. техн. наук,  
КМИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЧНОСТИ КОКСА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ $M_{25}$ И $M_{10}$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛЕБЛЕМОСТИ КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ

Качество кокса и, прежде всего, высокая стабильность его показателей является основным фактором, определяющим технико-экономические показатели работы доменных печей. Исследована зависимость стабильности показателей прочности кокса от колеблемости показателей качества угольной шихты: содержания влаги, золы, насыпной массы и др.

Интенсификация работы доменных печей при одновременном значительном увеличении их полезного объема требует существенного улучшения подготовки шихтовых материалов и топлива. Как известно, существуют определённые зависимости между отдельными параметрами качества кокса и производительностью доменных печей, а также удельным расходом кокса. Определению таких количественных зависимостей посвящены многочисленные исследования [1-3]. Так, в работе [1] рассчитаны коэффициенты парной корреляции, в частности, между показателями работы доменной печи (приведенной производительностью  $\Pi$  и удельным расходом кокса  $K$ ) и качеством кокса (показателями  $M_{25}$  и  $M_{10}$ ) в условиях Нижне-Тагильского металлургического комбината, и получены уравнения регрессии

$$\begin{aligned}\Pi &= 52,01 M_{25} - 2319,67; & r &= 0,863; \\ \Pi &= -105,93 M_{10} + 3110,0; & r &= -0,81; \\ K &= -10,1 M_{25} + 1347,5; & r &= -0,52; \\ K &= 26,6 M_{10} + 241,0; & r &= 0,63.\end{aligned}$$

Из этих данных видно, что между производительностью доменной печи и показателями прочности кокса существует тесная взаимосвязь. Между показателями прочности кокса и его удельным расходом наблюдается менее тесная связь.

В связи с интенсификацией доменного процесса и увеличением объёма доменных печей, с одной стороны, и ухудшением угольной сырьевой базы коксования, с другой стороны, всё актуальней становится вопрос об оптимальном качестве кокса не только с точки зрения величины абсолютных показателей, но и отклонения от них.

Так, например, по данным работы [2] увеличение колеблемости истираемости кокса  $\sigma_{M10}$  на 0,1% увеличивает расход кокса на 1,6 % и снижает производительность доменной печи на 1,2 %. В данной работе для оценки влияния колеблемости свойств кокса на основные показатели работы доменной печи (производительность и удельный расход кокса) использован метод многофакторного регрессионного анализа. Исследования выполнены на доменной печи Череповецкого металлургического завода. В качестве критерия оценки колеблемости показателей качества кокса во времени использовано среднеквадратичное отклонение от среднего значения за единичный период, длительность которого принята 3 суток. Проанализировано влияние на производительность печи  $\Pi$  (т/сутки) и удельный расход кокса  $K$  (кг/т чугуна) следующих факторов: показателей прочности кокса  $M_{40}$  и  $M_{10}$ , влажности кокса  $W_n$ , показателей колеблемости содержания золы  $\sigma_A$ , серы  $\sigma_S$  и летучих веществ  $\sigma_V$ , дробимости  $\sigma_{M40}$ , истираемости  $\sigma_{M10}$  и влажности кокса  $\sigma_w$ . Получены следующие уравнения множественной регрессии

$$\begin{aligned}\Pi &= 176M_{40} - 339 \sigma_A - 602 \sigma_V - 763 \sigma_{M10} - 81 W_n - 6371; & R &= 0,833; \\ \Pi &= -605M_{10} - 193 \sigma_A - 958 \sigma_V - 202 \sigma_{M40} + 11099; & R &= 0,602; \\ K &= -11,9 M_{40} + 82,3M_{10} + 136,5 \sigma_V + 3,4 \sigma_{M40} + 632; & R &= 0,787; \\ K &= -6,3M_{40} + 67,1M_{10} + 152,0 \sigma_V + 67,0 \sigma_{M10} + 335; & R &= 0,856.\end{aligned}$$

Из приведенных данных видно, что колеблемость показателей качества кокса наряду с их абсолютными значениями, существенно влияет на результаты доменной плавки.