

Обеспечение безопасности и сохранности футеровки доменных печей при выдувке и задувке

Опыт эксплуатации доменных печей показывает, что продолжительность их кампании, эффективность и производительность определяются уровнем технологии, оборудования и оснащения современными средствами контроля. Наряду с требованиями обеспечения качества продукции и высокой производительности неперенным условием является обеспечение эксплуатационной безопасности и технологической устойчивости работы доменных печей в стационарных и переходных режимах работы (выдувка и задувка).

Безопасной эксплуатации доменных печей в последнее время уделяется большое внимание, но, к сожалению, все технологические инструкции по раздувкам и задувкам, а также выдувкам доменных печей, которые раньше централизованно разрабатывались по заданию Минчермета СССР, за последние 20 лет не обновлялись и не совершенствовались. В то же время технология доменной плавки развивается, условия эксплуатации доменных печей изменяются.

В докладе сотрудников Института черной металлургии НАН Украины (ИЧМ) на II Международной конференции доменщиков «Проблемы продления кампании доменной печи и освоение технологии вдувания ПУТ. Современные решения и практический опыт» показано, что продолжительность кампании доменной печи определяется, главным образом, состоянием металлоприемника – износ футеровки горна и лещади служит одним из главных критериев ограничения продолжительности кампании печи [1].

Теория доменной плавки и технологические приемы, обеспечивающие ее высокие технико-экономические показатели, достаточно глубоко разработаны для условий стабильной работы доменной печи (ДП) во время кампании и продолжают совершенствоваться [2, 3]. Особенности регламента и меры обеспечения безопасности при остановках, выдувках и раздувках доменных печей требуют усовершенствования. При выдувке и задувке печи многократно возрастает опасность потери контроля и управления сложными, не всегда предсказуемыми процессами, протекающими в доменной печи, следствием которых могут быть не только дополнительные энергетические

Представлены результаты разработок института, направленные на обеспечение безопасности и сохранности футеровки доменных печей в нестационарных условиях работы при их остановках на капитальные ремонты и непродолжительную консервацию

и экономические затраты, но и производственные аварии.

Институтом черной металлургии НАН Украины в рамках целевой комплексной программы «Ресурс» ведутся разработки, направленные на совершенствование и развитие технологии, оборудования, автоматизированных систем контроля и управления выплавкой чугуна, обеспечение эксплуатационной безопасности и увеличение продолжительности кампании доменных печей большого объема, оснащенных бесконусными загрузочными устройствами (БЗУ). Важной составляющей исследований и освоения доменных печей в стационарных и переходных условиях их эксплуатации является разработанный ИЧМ комплекс систем автоматизированного контроля состояния доменной плавки, включающий: технологическое обеспечение системы измерения профиля поверхности засыпи шихтовых материалов с помощью радиолокационных измерителей, обоснованный расчетом выбор программ загрузки, контроль тепловых потерь в шахте ДП, автоматизированный контроль шлакового режима плавки и разгара футеровки, контроль безопасной выдувки и задувки ДП (рис. 1). В 2003 г. на крупнейшей в Украине доменной печи № 9 «Криворожстали» объемом 5000 м³ реализован комплекс систем автоматизированного контроля, разработанный Институтом черной металлургии. Печь во время капитального ремонта I разряда оснащена комплексом новых средств измерения [3]. Этот комплекс систем позволяет обеспечить информацией, необходимой для совершенствования технологии, улучшения технико-экономических показателей плавки и обеспечения безопасной ее эксплуатации самую мощную, экономичную и производительную доменную печь Украины.

На стойкость рабочей поверхности футеровки металлоприемника ДП оказывают негативное влияние: термические напряжения, обусловленные резкими перепадами температуры в кладке; проникновение чугуна в кладку печи и ее эрозия потоком агрессивных жидких продуктов плавки;

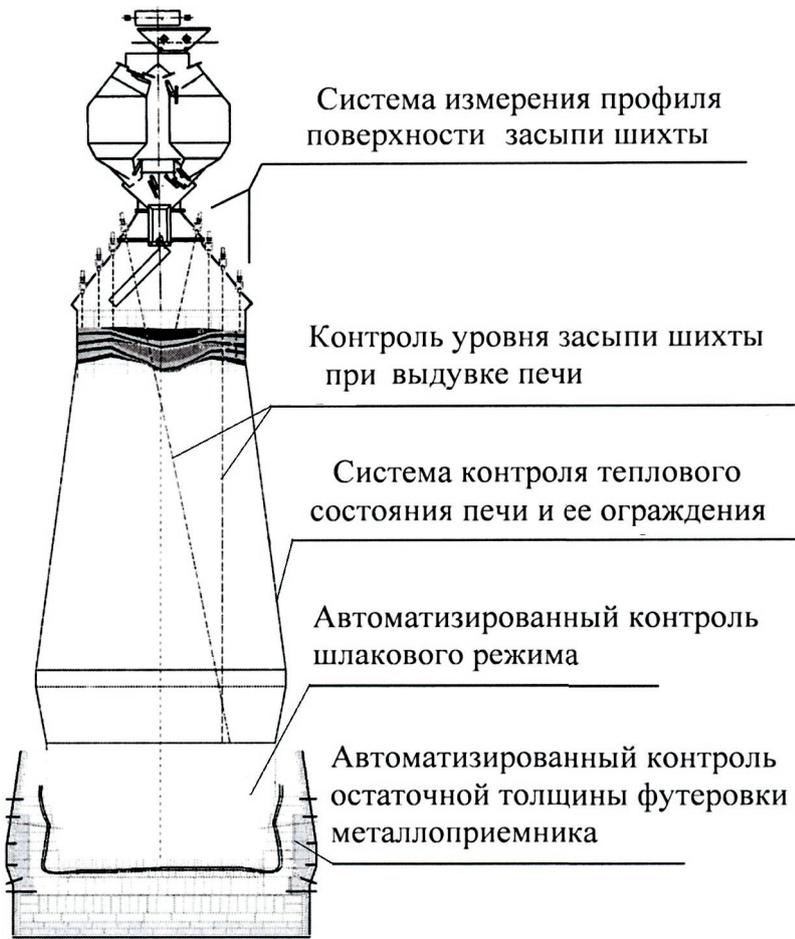


Рис. 1. Комплекс систем автоматизированного контроля состояния доменной плавки, разработанный Институтом черной металлургии НАН Украины

проникновение в футеровку щелочей, цинка и других агрессивных веществ; применение недостаточно совершенной технологии выпуска продуктов плавки; работа доменной печи с использованием шихтовых материалов, не отвечающих требованиям плавки. Технологически обоснованный выбор газо-дутьевого режима, диаметра и высова воздушных фурм влияет на структуру столба шихтовых материалов, расположение «тотермана» и состояние футеровки горна.

На состояние элементов профиля металлоприемника существенное влияние оказывает режим загрузки материалов [4]. Важным приемом, положительно влияющим на стабильность хода печи, уменьшение тепловых потерь, состояние металлоприемника, является загрузка кокса в осевую зону печи. Результаты исследований распределения шихтовых материалов перед задувками и в процессе эксплуатации ДП, выполненных Институтом черной металлургии, позволили увеличить стойкость футеровки шахты и заплечиков печи за счет ограничения содержания оксида железа в первичных шлаковых и металлоуглеродистых расплавах пристенной зоны не более 15-20 %.

Воздействие чугуна и шлака на футеровку металлоприемника активизируется при неудовлетворительном состоянии его дренажной спо-

собности, периферийном ходе печи и повышенной интенсивности доменной плавки. Практика эксплуатации ДП показывает, что наиболее щадящие условия службы футеровки обеспечиваются при соблюдении ровного и устойчивого хода печи, рационального теплового и шлакового режимов плавки и надежной работе системы охлаждения.

Одной из важных причин износа углеродистой футеровки металлоприемника является ее взаимодействие с чугуном, в процессе которого может происходить растворение углерода футеровки в железосодержащем расплаве. Комплексным показателем агрессивности чугуна по отношению к углеродистой футеровке является степень насыщения чугуна углеродом. В результате исследований, выполненных ИЧМ на ДП-9 «Криворожстали», установлено, что для обеспечения стойкости футеровки горна и лещади доменной печи необходимо поддерживать текущее содержание углерода в чугуне на уровне 4,45-4,50 % [3]. В системе автоматизированного контроля «Горн», разработанной Институтом черной металлургии, степень насыщения чугуна углеродом контролируется отношением реального содержания углерода в чугуне к предельно растворимому [5].

С целью своевременного определения необходимости проведения текущих и капитальных ремонтов доменных печей в ИЧМ разработан метод контроля состояния кладки горна и лещади по температурному полю и тепловому потоку, которые контролируются специальными датчиками, состоящими из групп термопар и комплекса средств автоматизации («Разгар»). Основанные на использовании этого метода, системы контроля остаточной толщины футеровки металлоприемника установлены на ДП-2 «Запорожстали», ДП-8 и ДП-9 «Криворожстали» [3], ДП-3 «Азовстали», ДП-1М металлургического комбината им. Дзержинского.

Институтом черной металлургии разработана система контроля шлакового режима «Контроль», прошедшая промышленное испытание на доменных печах «Криворожстали». Система «Контроль» обеспечивает оперативный прогноз технологических свойств шлака, в результате чего достигается

устойчивое развитие газодинамических процессов в нижней части шахты, заплечиках и в фурменной зоне, а также дренажа жидких продуктов плавки [6].

Для обеспечения непрерывного контроля профиля поверхности засыпи и распределения скоростей опускания шихты на колошнике, корректировки параметров дутья и режима загрузки, прогнозирования подвисаний и обрывов шихты на куполе и переходном конусе доменной печи № 9 по технологическому заданию Института черной металлургии в 2003 г. во время капитального ремонта I разряда установлена система измерения профиля поверхности засыпи шихты, состоящая из 20-ти радиолокационных измерителей дальности. Информация о профиле поверхности засыпи и скорости опускания шихты обрабатывается с помощью программ предоставления информации, разработанных ИЧМ. Эта информация предоставляется технологическому персоналу печи и служит инструментом для управления ходом доменной плавки, позволяет получить более четкое представление о том, что же происходит в печи, зафиксировать нарушения в режиме загрузки или искажения профиля поверхности засыпи.

Вероятность возникновения аварийных ситуаций на доменных печах наиболее высока при задувках новых и реконструируемых ДП, а также выдувках печей на капитальные ремонты I и II разрядов и остановках на временную консервацию, когда доменные печи работают в переходных режимах и технологический персонал должен принимать усиленные меры по контролю и стабилизации их хода. Положение усугубляется также недостаточным оснащением ДП Украины средствами контроля и управления ходом доменного процесса, а также устаревшими технологическими инструкциями по выдувке и задувке. Кроме того, кризисные явления в металлургическом производстве, которые особенно остро проявились в украинской металлургической промышленности, увеличили актуальность организации выдувки печей при работоспособном их состоянии не для проведения крупного капитального ремонта, а для остановки на относительно небольшой срок, обусловленный ситуацией на рынке металла с последующей задувкой для продолжения их кампании. В связи с этим перед металлургами возникли совершенно новые технологические и организационные задачи по выдувке печей. Это вызвало необходимость изменения и усовершенствования режима выдувки печей, разработки новых нетрадиционных технических решений. Если раньше при выдувке доменных печей на капитальные ремонты не предъявлялись требования к сохранности футеровки (поскольку она, как правило, во время ремонта разрушалась и

заменялась), то при вынужденной остановке ДП на консервацию, помимо обеспечения безопасности и полной выдувки объема доменной печи, требуется, по возможности, максимально сохранить футеровку шахты, распара, заплечиков, горна, колошниковой защиты и БЗУ.

Институтом черной металлургии НАН Украины, в рамках целевой комплексной программы НАН Украины «Ресурс», разработаны предложения по безаварийной выдувке доменных печей. По сути, разработана новая технология и регламент выдувки доменных печей [7, 8], включающий:

- перевод ДП перед выдувкой на интенсивный режим работы с выплавкой литейных чугунов;
- обеспечение интенсивной промывки печи в течение 5-7 суток;
- поддержание теоретической температуры горения на уровне 2150-2300 °С;
- дозированный ввод в шихту смеси железной или марганцевой руды и низкоосновного агломерата в соотношении 1:4 для удаления гарнисажа в области лещади и низа горна;
- расчет траекторий движения шихты по всей высоте шахты для исключения ее воздействия на футеровку;
- периодическое уменьшение основности конечного шлака на 0,05-0,10 ед. для удаления щелочных элементов;
- непрерывный контроль изменения уровня засыпи до окончания выдувки;
- орошение шихты водой струйным способом и душированием, подача азота через фурмы в шахту и на колошник;
- использование информации автоматизированного контроля разгара горна для безошибочного выбора места и глубины сверления «козловой» летки;
- мониторинг теплового состояния кожуха печи и холодильников.

Выдувка ДП-9 на непродолжительную консервацию в 2008 г. осуществлялась в соответствии с разработанной Институтом черной металлургии программой. Разработки ИЧМ позволили провести качественную и безопасную выдувку крупнейшей в Украине доменной печи № 9 объемом 5000 м³, оборудованной БЗУ с лотковым распределителем шихты фирмы «Пауль Вюрт». Выдувка доменной печи № 9 в 2003 г. проходила достаточно интенсивно. Следует отметить, что в какой-то момент времени (около 17⁰⁰-19¹⁰ ч) образовался «подстой» шихты (рис. 2), который удалось своевременно обнаружить с помощью радиолокационного датчика с дальностью измерения до 30 м. Это позволило персоналу печи принять необходимые меры безопасности для предотвращения обрыва шихты, сопровождающегося выбросом содержащих

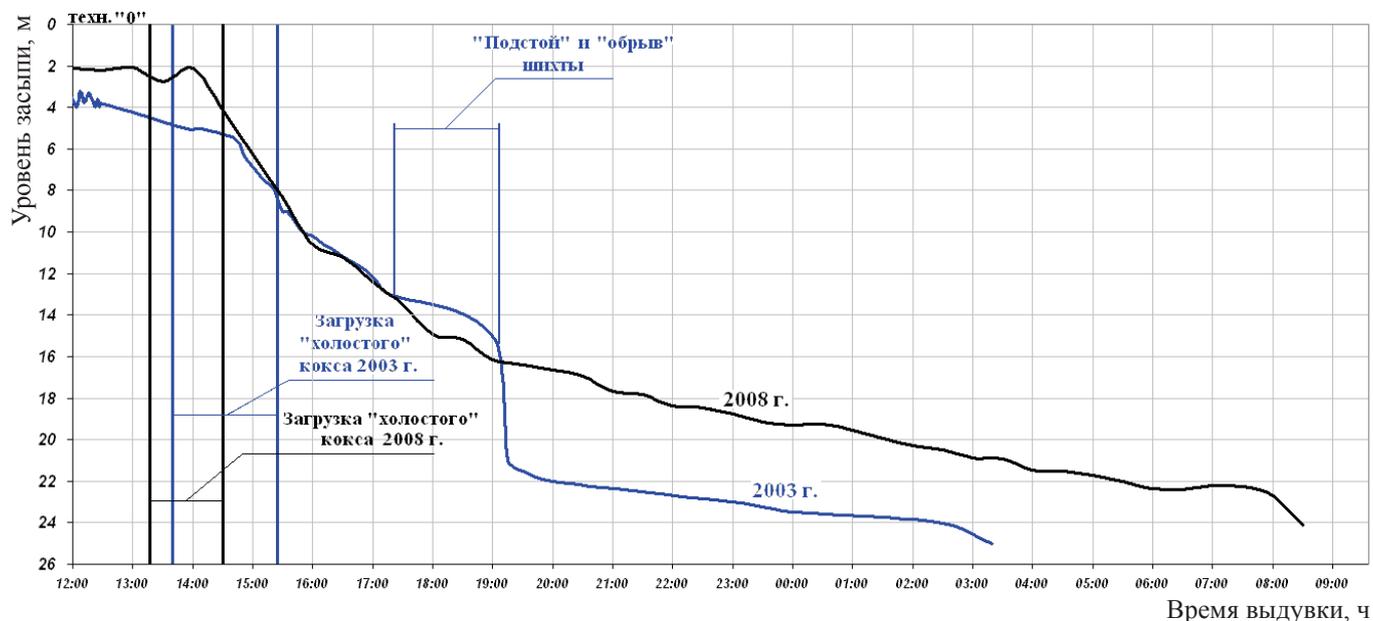


Рис. 2. Графики изменения уровня поверхности засыпи шихты при выдувках ДП-9 «Криворожстали» в 2003 и 2008 гг.

кислород горнового и фурменного газов в свободный от материалов объем шахты, что предотвратило возникновение возможного взрыва газов [9]. Выдувка ДП-9 в 2003 г. прошла успешно. Процесс опускания поверхности засыпи шихты в ходе выдувки контролировался двумя радиолокационными измерителями.

Опыт контроля уровня засыпи при помощи радиолокационных измерителей, полученный Институтом черной металлургии при проведении двух выдувок доменной печи № 9 в 2003 и 2008 гг., позволил обобщить полученные результаты и сформулировать следующие базовые положения методики контроля опускания шихты в процессе выдувки с применением радиолокационных измерителей уровня:

- Для печей, оснащенных бесконусными загрузочными устройствами, рекомендуется установка трех измерителей, которая определяется конструктивными особенностями купола печи и предусматривает:

- вертикальное расположение двух измерителей на одном диаметре в периферийной зоне печи на расстоянии 0,35-0,50 м от стенки колошника;

- определение расстояния установки третьего приосевого измерителя от оси печи и угла его наклона для конкретной доменной печи выполняется исходя из требования исключения пересечения образуемых на поверхности засыпи пятен излучаемого сигнала на уровне распара печи для контроля расположения конуса остаточного кокса после выдувки.

- Для доменных печей, оснащенных конусными загрузочными устройствами, процесс выдувки может быть проконтролирован двумя радиолокационными измерителями, установленными в

периферийной зоне печи. Установка третьего измерителя в связи с особенностями загрузочного устройства не может быть реализована.

- Настройка диапазона измерения датчиков на расстояние не менее 30,0 м.

- Установка измерителей и прокладка кабелей.

- Ввод выходного сигнала датчиков в формате RS-485 во входные устройства АСУ ТП.

- Опробование работы измерителей и функционирования алгоритмов на работающей доменной печи с сопоставлением их показаний с показаниями электромеханических зондов для измерения уровня засыпи.

- Настройка алгоритмов обработки сигналов измерителей и представления информации, включая графическое представление изменения уровня засыпи и скорости опускания.

- Непрерывный контроль уровня засыпи и скорости опускания шихты в процессе выдувки по показаниям радиолокационных измерителей и сопоставление их показаний с показаниями электромеханических зондов (до уровня 3,5-4,0 м), а также с результатами расчета изменения уровня засыпи по объему проплавленных материалов и объему сгоревшего кокса.

- Сопоставление скорости опускания шихтовых материалов с предельными значениями, устанавливаемыми на основании опыта предыдущих выдувок доменной печи. Идентификация предаварийных или потенциально опасных ситуаций (подвисания и обрывы шихты).

- Корректировка газо-дутьевого и температурного режимов выдувки при появлении признаков аварийных или потенциально опасных ситуаций.

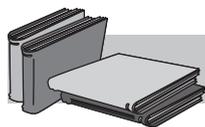
Предложенный при выдувке ДП-9 в 2008 г.

технологический режим комплексной промывки доменной печи от неплавких масс и «коковского мусора» путем загрузки железорудных порций с железной и марганцевой рудой в хвостовую часть порции в количестве 5,0 т в подачу и повышения содержания оксида магния в шихте обеспечил интенсивную промывку металлоприемника и стабилизировал работу всех чугунных леток к моменту выдувки печи. Рекомендованный ввод азота в состав дутья способствовал уменьшению температуры колошникового газа в среднем на 25 °С и позволил снизить расход воды, подаваемой в печь, на 10 %, что способствовало сохранности футеровки печи. Следует отметить, что в полной мере потенциал этой технологии не был реализован, так как по техническим причинам при выдувке в печь было подано 170 м³/мин азота вместо требуемых 600-1000 м³/мин. Правильный выбор места и направления сверления «козловой» летки, с уче-

том данных системы автоматизированного контроля разгара футеровки горна, обеспечил достаточно полный выход «козлового» чугуна в количестве ~735 т. Выдувка доменной печи № 9 в 2008 г. прошла практически плавно, без «подстоев» и обрывов (рис. 2) [10].

Выводы

Научные разработки Института черной металлургии НАН Украины по обеспечению сохранности футеровки доменных печей при их эксплуатации и остановках на капитальные ремонты и непродолжительную консервацию реализованы на крупнейшей в Украине доменной печи № 9 полезным объемом 5000 м³. Предложенные технические и технологические мероприятия будут изложены в отраслевом технологическом регламенте по безаварийной выдувке доменных печей.



ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков В. И., Можаренко Н. М., Голубых Г. Н. Обеспечение сохранности футеровки доменных печей при эксплуатации и остановках // Материалы II международной конференции доменщиков «Проблемы продления кампании доменной печи и освоение технологии вдувания ПУТ. Современные решения и практический опыт». – Днепропетровск, 2009. – С. 146-150.
2. Большаков В. И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. – Киев: Наук. думка, – 2007. – 412 с.
3. Доменное производство «Криворожстали» // Под ред. В. И. Большакова. – Днепропетровск, Кривой Рог: ИЧМ, «Криворожсталь», 2004. – 348 с.
4. Оценка технических возможностей управления распределением основности в доменной печи / Н. Г. Иванча, В. И. Большаков, Т. П. Порубова, В. И. Вишняков // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – 2006. – Вып.13. – С. 36-47.
5. Взаимосвязь степени насыщения чугуна углеродом и разгара футеровки металлоприемника доменной печи / Н. М. Можаренко, А. А. Параносенков, Г. В. Панчоха и др. // Там же. – 2006. – Вып. 12. – С. 77-84.
6. Научно-технические решения по обеспечению продолжительной безопасной работы доменных печей / В. И. Большаков, Н. Г. Иванча, А. С. Нестеров и др. // Цільова комплексна програма НАНУ «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин». – Київ: ІЕС ім. Є. О. Патона НАНУ, 2006. – С. 440-444.
7. Промышленная безопасность доменных печей при задувке и выдувке / В. И. Большаков, Г. Н. Голубых, Н. М. Можаренко, Л. Г. Тубольцев // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – 2007. – Вып.14. – С. 290-309.
8. Научно-технические решения по обеспечению безопасной работы доменных печей в стационарных и переходных режимах / В. И. Большаков, Н. М. Можаренко, Л. Г. Тубольцев, Г. Н. Голубых // Там же. – 2008. – Вып. 17. – С. 283-300.
9. Выдувка доменной печи объемом 5000 м³ на капитальный ремонт I разряда / Н. М. Можаренко, С. Т. Шулико, И. Г. Муравьева и др. // Там же. – 2004. – Вып. 8. – С.130-138.
10. Технологические особенности выдувки доменных печей при остановке на капитальный ремонт / В. И. Большаков, Н. М. Можаренко, И. Г. Муравьева, Г. Н. Голубых // Там же. – Вып. 19. – 2009.

Summary

V. Bol'shakov, N. Mozhareno, I. Muraviova

Providing safety and safe keeping of blast furnaces lining of at blow-out and blowing in

Presented results of developments of Institute, directed to provide safety and safe keeping of blast furnaces lining in non-stationary working conditions at their breaking-downs on thorough repairs and temporary preservation.

Анотація

В. І. Большаков, М. М. Можаренко, І. Г. Муравйова
Забезпечення безпеки та зберігання футерівки доменних печей при видуванні та задуванні

Представлені результати розробок Інституту, направлені на забезпечення безпеки та зберігання футерівки доменних печей в нестационарних умовах роботи при їх зупинках на капітальні ремонти та нетривалу консервацію.

Ключевые слова

Доменная печь, безопасность, футеровка, выдувка, задувка

Вниманию авторов!

Статьи в редакции должны поступать на бумажном и электронном носителях.

Для текстовых материалов желательно использовать формат **doc**.

Для графических материалов – формат **jpeg, tiff**.

Графические материалы необходимо сохранять в отдельных файлах.

Фотографии, рисунки, графики и чертежи должны быть черно-белыми,

четкими и контрастными.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Заканчивается подписка на журнал

«ПРОЦЕССЫ ЛИТЬЯ»

на 2010 г.

Индекс журнала **74388**

Подписаться на журнал Вы можете во всех пунктах подписки по каталогу агенства ГП «Пресса» или через редакцию журнала.

Чтобы оформить подписку через редакцию, необходимо направить письмо-запрос или факс в адрес редакции для оформления счета-фактуры.

Счет-фактура высылается письмом и (или) по факсу.

Стоимость одного журнала – 20 грн.

Годовая подписка – 120 грн. (для Украины),
с учетом почтовых расходов – 135 грн.

Годовая подписка для зарубежных стран – 90 \$.

Редакция также может предоставить электронную версию журнала на компакт-диске.