

## Газификация — перспективный путь использования энергии твердого топлива

**Белодед В.Д., Тарасенко П.В.**

*Институт общей энергетики НАН Украины, Киев*

Проанализированы современные технологии газификации твердого топлива. Показаны экологические и экономические преимущества использования энергии твердого топлива в виде синтез-газа. Энергетические затраты процессов газификации и безвозвратные потери энергии на 1 т угля составляют 6977 МДж, в том числе энергоемкость угля — 1092 МДж, кислорода — 1225 МДж, радиационные потери из газогенератора и котла-утилизатора — 876 МДж, потери энергии с физической теплотой газа — 2697 МДж, шлака — 690 МДж. Суммарный КПД процесса при потере физической теплоты газа и шлака составит 68 %, при возврате в процесс 2/3 физической теплоты КПД газификации увеличится до 78 %. Экономический эффект от реализации идеи в пересчете на использование 1 млн т угля на газификационных заводах только за счет снижения транспортных расходов по маршруту Зерновое — Мостиска-2 составит 11,3 млн долл.

**Ключевые слова:** газификация угля, синтез-газ, энергоемкость процессов газификации.

Проаналізовано сучасні технології газифікації твердого палива. Показано екологічні та економічні переваги використання енергії твердого палива у вигляді синтез-газу. Енергетичні витрати процесів газифікації та безповоротні втрати енергії на 1 т вугілля складають 6977 МДж, у тому числі енергоємність вугілля — 1092 МДж, кисню — 1225 МДж, радіаційні втрати з газогенератора та котла-утилізатора — 876 МДж, втрати енергії з фізичною теплотою газу — 2697 МДж, шлаку — 690 МДж. Сумарний ККД процесу при втраті енергії з фізичною теплотою газу та шлаку становитиме 68 %, при регенерації 2/3 фізичної теплоти ККД газифікації зросте до 78 %. Економічний ефект від реалізації ідеї у перерахунку на використання 1 млн т вугілля на газифікаційних заводах лише за рахунок зниження транспортних витрат за маршрутом Зернове — Мостиська-2 становитиме 11,3 млн дол.

**Ключові слова:** газифікація вугілля, синтез-газ, енергоємність процесів газифікації.

Газообразное топливо является более чистым, универсальным энергоносителем и может использоваться в разных отраслях хозяйства, в том числе и для коммунального теплоснабжения. При создании газификационных установок на твердом топливе (угле) открываются возможности и для улучшения применения других горючих компонентов различного происхождения, например, твердых бытовых отходов, шламов из водоочистных сооружений, сельскохозяйственных отходов, отходов лесотехнического хозяйства и т.п. Использование газа в системах преобразования (в электрическую или тепловую энергию) превосходит с большим КПД.

В условиях Украины внедрение чистых угольных технологий важно не только с точки зрения уменьшения газовой зависимости, но и с точки зрения улучшения неудовлетворительной экологической обстановки во многих регионах. При этом следует ориентироваться на современные высокотехнологичные, полностью механи-

зированные и автоматизированные процессы, которые будут обеспечивать высокую производительность и экологическую чистоту. Кроме того, при использовании угля важным является вопрос эффективности преобразования энергии, поскольку в некоторых случаях газификация топлива и последующее преобразование полученного синтез-газа в другие формы (электрическая или тепловая энергия) более эффективны, чем прямое сжигание. Этой тематикой занимаются известные промышленные фирмы «General Electric», «Alstom», «Conoco Philips», «Electricite de France», а также специалисты в России (Степанов С.Г., Исламов С.Р., Саламов А.А.) и в Украине (Майстренко А.Ю., Корчевой Ю.П.). В этой связи следует обратиться к значительному мировому опыту, добытому в отрасли газификации угля [1–5].

Авторы этой статьи ранее также обращались к тематике газификации, в том числе угля, в частности, в публикациях [6, 7], в которых

анализировались возможности создания больших газификационных комплексов как средств для повышения эффективности использования угля. На основе сделанного анализа было рекомендовано создание таких систем, в основе которых есть уголь, для работы современных парогазовых электростанций различного типа, в том числе ТЭЦ, для обеспечения коммунальных потребностей в тепловой энергии и для других потребностей. В работе [7] было показано, что КПД преобразования первичной энергии для систем с газификацией угля и с последующим использованием полученного синтез-газа в ПГУ будет достигать 48–50 %. Такой результат является недостижимым для чисто угольных ТЭС при существующих параметрах пара (565 °С, 24,0 МПа), а высокие параметры пара ТЭС (600 °С, 30,0 МПа; 650 °С, 30,0 МПа и 700 °С, 37,5 МПа) пока достигнуты лишь на единичных экспериментальных энергоустановках при применении очень дорогих сплавов на никелевой основе.

Важными вопросами, ответы на которые не встречаются в литературе, есть вопросы энергоемкости процессов газификации и их экономичности. Целью данной работы является определение энергетических затрат на стадии газификации твердого топлива для современных технологий, а также сравнительный анализ экономичности процессов получения вторичных видов энергии при газификации твердого топлива по сравнению с прямым его использованием.

Газификация угля в основном рассматривается как внутренне циклический процесс для обеспечения возможности работы электрогенерирующих парогазовых установок с высоким КПД (до 45–48 %) [3–5]. Однако имеются значительные препятствия при реализации таких схем. В частности, отмечается, что высокая степень взаимозависимости многих узлов снижает степень готовности к работе и надежность при использовании таких схем на электростанциях. Это подтверждается, например, опытом работы установки в г. Пуертольяно (Испания) [8]. Системы управления такими комплексами чересчур сложны, границы регулирования мощности ограничены, практически трудно одновременно обеспечить оптимальные тепловые режимы работы газогенератора и парогазового комплекса. Окончательно не решена проблема горячей очистки синтез-газа до параметров, необходимых для надежной работы газовых турбин. Поэтому объединение обоих технологических процессов кажется еще недостаточно доработанным. Так, авторы работы [3] считают, что внедрение таких комплексов в Украине является преждевременным. В то же время в мире в са-

мостоятельном режиме работает уже много газификационных установок. При этом в 2001 г. только 30 % всего полученного синтез-газа было использовано в электроэнергетике, а остальные 70 % как химическое сырье и для других целей [4]. Самостоятельная работа газификационных установок имеет преимущества, в частности, по надежности, стабильности и простоте управления.

Анализ литературных данных свидетельствует, что наилучшие показатели достигаются при высокотемпературной парокислородной газификации в текущем режиме [2–4]. Существует несколько промышленно реализованных процессов высокотемпературной газификации в потоке под давлением: «Koppers-Totzek», «Rummel-Otto», «Saarberg-Otto», «Prenflo», «Texaco», «Dow Chemical», «Shell». Все эти процессы обеспечивают высокую конверсию угля (до 99 %), высокие КПД газификации (74–89 %) и термический (83–94 %), удельную производительность до 6 т/(м<sup>2</sup>·ч). Во всех случаях получается среднекалорийный газ теплосодержанием  $Q_H \geq 10$  МДж/м<sup>3</sup> (до 12,5 МДж/м<sup>3</sup>) с незначительным содержанием CO<sub>2</sub>, полным отсутствием фенолов и смол. Результаты газификации в этих процессах приближаются к теоретически возможным границам. Существуют установки производительностью по топливу от 11 до 106 т/ч.

Основные различия между этими процессами заключаются в направлении и форме подачи топливной массы. Подача топлива может осуществляться в нисходящем (сверху вниз) и в восходящем (снизу вверх) направлениях. При подаче топлива в нисходящем направлении время его пребывания в реакторе определяется в основном высотой реактора. При подаче топлива в восходящем направлении значительно увеличиваются возможности варьирования времени его пребывания в зоне реакции, особенно при касательной подаче в вихревую реакционную камеру с созданием кругового потока реакционной массы. При этом за счет верхней расширенной части реактора дополнительно создается эффект кипящего слоя, который способствует более полной конверсии углерода и уменьшает количество зольного выноса. Еще эффективнее идет процесс при наличии в вихревой камере шлаковой ванны глубиной около 0,5 м. Такая ванна является тепловым экраном, и в зоне топливного факела может поддерживаться максимальная температура (до 2000 °С). При этом обеспечивается стабильное горение факела, а вынос летучей золы из реактора уменьшается до минимума. Топливная масса может подаваться в реактор пневматическим способом в виде

угольной пыли с газом-носителем или шнеками в виде водно-угольной суспензии (ВУС). Пневматическая подача является полупериодическим процессом. Она предусматривает наличие шлюзовых камер, которые поочередно заполняются при отсутствии избыточного давления. Недостатком такой подачи является пожарная опасность и особенно необходимость высушивания сырья. Подача топлива шнеками в виде ВУС является непрерывным процессом. Особенным ее преимуществом является отсутствие затрат на высушивание топлива. С точки зрения использования в смесях с углем биомассы, твердых, жидких или вязких горючих отходов, которые подвергаются отдельному или в смеси с углем измельчению или эмульгированию, такая подача является единственно возможной. Поскольку вода при газификации является необходимым реагентом, то ее наличие в составе ВУС не является недостатком. К тому же достаточная внутривоздушная транспортабельность ВУС обеспечивается уже при 20 %-м содержании воды [3, 9], а добавки биомассы лишь способствуют ее стабильности.

При «идеальной» (с КПД 100 %) парокислородной газификации 1 т угля с содержанием углерода, например, 65 % (теплотворная способность которого  $Q_{\text{п}} = 21,9$  МДж/кг, зольность  $A_3 = 30$  %) при расходе 298 м<sup>3</sup> кислорода и 496 кг воды образуется 1831 м<sup>3</sup> среднекалорийного газа с  $Q_{\text{п}} = 11,97$  МДж/м<sup>3</sup> (66,3 % СО + 33,7 % Н). Однако с учетом обязательных энергетических затрат и возможных энергетических потерь в виде физической теплоты продуктов реальный КПД будет меньше. К обязательным энергетическим затратам и безвозвратным потерям энергии в приведенном примере относятся следующие показатели:

Энергоемкость:

1 т угля	–	1092 МДж [10]
0,496 т воды технической	–	3 МДж [10]
298 м <sup>3</sup> кислорода	–	1225 МДж [11]
1 т мокрого измельчения угля	–	130 МДж [12]
Работа подачи 1,25 т 80 %-й ВУС при Р = 1,5 МПа	–	45 МДж [13]
Потеря с недоконверсией 1 % угля	–	219 МДж [2]
Радиационные потери из газогенератора и котла-утилизатора (4 %)	–	876 МДж [2]
Всего	–	3590 МДж

С учетом этих затрат и безвозвратных потерь КПД процесса газификации уменьшается до 83 %. Основные потери энергии с физической теплотой в приведенном примере максимально могут составлять:

из 1831 м <sup>3</sup> газа (1000 °С)	–	2697 МДж [14]
из 300 кг шлака (1400–1450 °С)	–	690 МДж [14, 15]
Итого	–	3387 МДж

При полной потере этой теплоты КПД еще уменьшается до 68 %. Отсюда вытекает важность рекуперации физической теплоты газа и шлака для повышения КПД газификации. Так, при условии возврата в процесс 2/3 вынесенной теплоты КПД газификации вырастет до 78 %, что является не наибольшей величиной для современных методов газификации. Для утилизации теплоты шлака существуют полностью автоматизированные компактные установки [16] с производством высококачественного шлакового гранулята и горячей воды или пара. Теплота газа утилизируется в котлах-утилизаторах и возвращается в процесс в виде горячей воды для приготовления ВУС, в виде пара, который вдувается в реактор, и для нагревания кислорода (есть пример теплообменного нагревания кислорода до 700 °С [2]).

Процесс газификации с подачей топливной массы в виде концентрированной водной суспензии или пасты перспективен с точки зрения более широкого применения, например, измельченной растительной биомассы и некоторых отходов. Есть пример газификации смеси угля с 25–30 % отходов бумажного производства [17]. В растительных отходах содержится до 49 % углерода, их теплота сгорания составляет 13,5–14,6 МДж/кг, они газифицируются с высокой степенью конверсии. В случае разработки и освоения экономически целесообразных методов заготовки, первичной подготовки и транспортировки растительной биомассы ее доля в топливе со временем может увеличиваться. Уголь в связи с возможностью сезонной неравномерности снабжения биомассой будет исполнять роль буфера для стабильного производства и снабжения потребителей среднекалорийным газовым топливом.

Одним из дополнительных аргументов в пользу газификации может быть сопоставление стоимости доставки потребителям угля и энергетически эквивалентного количества синтез-газа. Учитывая тариф на перевозку угля (согласно распоряжению Кабинета Министров Украины от 01.04.2005 г. № 91-р, тарифная ставка на транспортировку угля железнодорожным транспортом без учета дополнительных сборов составляет 7 долл./т), вагонную составляющую (2,7 долл./т) и другие сборы, реальная стоимость транспортировки составляет ≤ 10 долл./т. В связи с подорожанием перевозок угля в 2008 г. на 37,6 % эта величина может быть еще большей [18]. Например, согласно телеграмме «Укржелдортранса» от 09.07.09, тарифная ставка для перевозки каменного угля по маршруту Зерновое – Мостиска-2 от 01.07.09 устанавли-

вается в размере 15 долл./т [19]. Исходя из приведенного примера газификации угля конкретного состава ( $Q_{\text{H}} = 21,9$  МДж/кг) и из стоимости транспортировки природного газа (около 2 долл./1000 м<sup>3</sup>), стоимость транспортировки полученных из 1 т угля 1831 м<sup>3</sup> синтез-газа будет составлять около 3,7 долл., то есть эта стоимость будет меньше примерно в 3 раза. Следовательно, экономический эффект от реализации идеи в пересчете на использование 1 млн т угля на газификационных заводах только за счет снижения транспортных расходов по маршруту Зерновое – Мостиска-2 при подаче топлива потребителям будет составлять 11,3 млн долл. При более низком качестве угля экономическая эффективность будет только возрастать.

Не следует забывать и о значительной экологической проблеме с выбросами диоксида серы при прямом сжигании угля. Весь украинский уголь относится к высокосернистому, в товарном (обогащенном) угле содержание серы в среднем превышает 2 % [20]. Это значит, что с каждой тонной сожженного угля в атмосферу попадает не менее 20 кг серы в виде 40 кг SO<sub>2</sub>.

Процесс очистки дымовых газов от SO<sub>2</sub> достаточно энергозатратный. Применение известняка малоэффективно из-за низкой степени связывания SO<sub>2</sub> и низкой конверсии самого известняка. Для приемлемой степени связывания SO<sub>2</sub> необходимо использовать известняк в стехиометрическом отношении 3 : 1 к содержанию серы [21]. При содержании серы 2 % на 1 т сжигаемого угля необходимо дополнительно расходовать 187,5 кг известняка (!), что требует организации добычи, транспортировки и тонкого размалывания (50–70 мкм) значительного количества сырья. Достаточно эффективные методы с применением оксида кальция чересчур дороги, поскольку нуждаются в предварительном энергозатратном выжигании известняка [10]. Но в обоих случаях отработанная масса в конечном итоге лишь пополняет золошлаковые хранилища. В 2008 г. в Украину было импортировано 426 тыс. т серы, что составляет 92 % от общего ее потребления [22]. При газификации угля сера, которая в виде сероводорода переходит в состав синтез-газа, может полностью удаляться с применением давно освоенных технологий и использоваться в качестве высококачественного товарного продукта [23, 24].

Современные высокотемпературные поточные газогенераторы, работающие при повышенном давлении, являются достаточно высокопродуктивными и компактными аппаратами. Так, при газификации угля приведенного раньше со-

става в количестве 10 кг/с при полной конверсии, средней температуре образованного газа 1500 °С и давления в реакторе 1,5 МПа объем образующегося газа будет составлять 8 м<sup>3</sup>/с. Полная конверсия твердого топлива при таких условиях достигается уже за 0,2–0,5 с [25–28]. Следовательно, даже если исходить из времени пребывания реакционной смеси в реакторе в течение 5 с, то и тогда объем реактора в 40 м<sup>3</sup> будет достаточным. А такие аппараты могут изготавливаться в заводских условиях и транспортироваться к месту назначения при высоком уровне готовности.

В литературе приводятся технико-экономические условия конкурентоспособности современных технологий газификации. В работе [29] утверждается, что такое состояние наступает при стоимости природного газа от 130 до 190 долл./1000 м<sup>3</sup>, а в работе [30] приводится величина 160 долл./1000 м<sup>3</sup>.

В работе [30] высказывается мнение, что рассчитывать на создание современных крупномасштабных установок газификации угля силами только отечественных специалистов не следует. Предлагается сотрудничество с зарубежными разработчиками, которые занимают передовые позиции по этому вопросу. В дальнейшем, на примере Китая, можно будет тиражировать промышленные технологии газификации, в основном собственными силами. С этой неутешительной мыслью можно соглашаться или не соглашаться, но в любом случае следует переходить к конкретным практическим действиям, направленным на создание газификационных установок разного назначения и, что особенно важно, для систем коммунального теплоснабжения. Только в этом случае призывы к использованию угля в коммунальной энергетике будут реализованы, поскольку его прямое сжигание в котлоагрегатах, особенно малой мощности, всегда будет неэффективным, экологически опасным и несовременным.

### Выводы

Реализация технологий газификации приводит к тому, что пассивная энергозатратная борьба с выбросами диоксида серы при прямом сжигании угля превращается в активную борьбу с производством товарной серы как побочного продукта газификационных заводов.

Показано, что транспортировка синтез-газа экономически выгоднее, чем транспортировка соответствующего количества угля.

Учитывая нынешний уровень цен на природный газ и экологические преимущества при-

менения энергии угля в виде синтез-газа, промышленное внедрение современных технологий газификации можно рекомендовать уже сейчас.

### Список литературы

1. Федосеев С.Д., Чернышев А.Б. Полукоксование и газификация твердого топлива. — М. : Недра, 1960. — 326 с.
2. Шиллинг Г.-Д., Бонн Б., Краус У. Газификация угля. — М. : Недра, 1986. — 174 с.
3. Корчевой Ю.П., Майстренко А.Ю., Топал А.И. Экологически чистые угольные технологии. — Киев : Наук. думка, 2004. — 186 с.
4. Степанов С.Г. Развитие технологий и новые подходы к газификации угля // Теплоэнергетика. — 2004. — № 9. — С. 40–43.
5. Исламов С.Р., Кочетков В.Н., Степанов С.Г. Газификация угля : Прошлое и будущее // Уголь. — 2006. — № 8. — С. 69–71.
6. Тарасенко П.В., Білодід В.Д. Газифікаційні комплекси як джерела енергопостачання комунальної енергетики / Праці Ін-ту електродинаміки НАН України / Зб. наук. пр. : Спец. вип. — Київ : ІЕД НАН України, 2006. — С. 14–16.
7. Білодід В.Д., Тарасенко П.В. Аналіз перспектив використання твердого палива для теплофікаційних систем // Проблеми загал. енергетики. — 2006. — № 14. — С. 35–41.
8. Гастайгер Г., Стамателопулос Г.-Н. Угольные электростанции — современный уровень техники и перспективы развития на будущее // Черн. металлы. — 2002. — № 10. — С. 26–35.
9. Джваршеишвили А.Г. Системы трубного транспорта горно-обогачительных предприятий. — М. : Недра, 1981. — 384 с.
10. Гнідий М.В., Куц Г.О., Терещук Д.А. Метод розрахунку повних енергетичних витрат на виробництво продукції // Екотехнологии и ресурсосбережение. — 1997. — № 5. — С. 67–72.
11. Усачев А.Б., Сниткин А.М., Усачев Д.А. Энергоемкость производства железуголеродистого полупродукта для выплавки стали процессом Ромелт // Сталь. — 1998. — № 9. — С. 65–69.
12. Деягин Г.Н., Кликун В.Л., Коц И.А. Мокрый помол каменных углей // Сжигание высокообводненного топлива в виде водоугольных суспензий : Сб. науч. тр. — М. : Наука, 1967. — С. 89–95.
13. Фролов А.Г., Борисенко Л.Д., Звенигородская Г.В. Создание питателей непрерывного действия и циклических питателей для загрузки угля и породы в высоконапорные трубопроводы. — М. : Ин-т горн. дела им. А.А.Скочинского, 1961. — 26 с.
14. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред К.П.Мищенко, А.А.Равделя. — М.; Л. : Химия, 1965. — 160 с.
15. Баласанов А.В., Усачев А.Б., Романец В.А., Верейн В.Г. Опыт сжигания угля в металлургии // Теплоэнергетика. — 2003. — № 8. — С. 32–38.
16. Гроспич К.-Х., Эверс В., Домбровски Г. Новая установка грануляции шлака : улучшение хода и повышение производительности // Черн. металлы. — 2004. — № 1. — С. 20–26.
17. Opportunity fuels : Can they go the distance? // Power. — 1998. — Vol. 142, № 14. — P. 25–26.
18. В 2008 г. грузовые ж/д тарифы Украины повысились до рекордного уровня // Транспорт. — 2008. — № 43/44. — С. 23–25.
19. Тарифная ставка на перевозку угля каменного по маршруту Зерновое — Мостиска-2 // Там же. — 2009. — № 29. — С. 54–56.
20. Справочник по качеству каменных углей и антрацитов Донецкого и Львовско-Вольнского бассейнов. — М. : Недра, 1972. — 168 с.
21. Сигал И.Я., Славин В.И., Шило В.В. Очистка промышленных выбросов в атмосферу от оксидов серы и азота. — Харьков : РИП Оригинал, 1995. — 144 с.
22. Объемы импорта серы в Украины снижаются // Хим.-Курьер. — 2009. — № 2. — С. 66–67.
23. Ильина Е.Н., Клямер С.Д. Извлечение сероводорода и углекислоты из природного газа и производство элементарной серы. — М. : ВНИИЭгазпром, 1969. — 86 с.
24. Грунвальд В.Р. Технология газовой серы. — М. : Химия, 1992. — 272 с.
25. Козлова С.Г., Рабинер Я.П., Кухто В.А. и др. Высокотемпературная газификация твердого топлива водяным паром // Защита окружающей среды и процессы горения твердого топлива : Сб. науч. тр. — М. : ЭНИН им. Г.М. Кржижановского, 1981. — С. 117–133.
26. Кухто В.А., Хаустович Г.П., Хвостова А.В. Исследование суммарных характеристик процесса взаимодействия мелкодисперсной угольной пыли с парами воды // Там же. — 1983. — С. 56–68.
27. Степанов С.Г., Исламов С.Р., Суслев В.А. Газификация Канско-Ачинского угля в прямом пилеугольном реакторе // Химия тверд. топлива. — 1989. — № 3. — С. 93–98.
28. Волковинский В.А., Дудко Д.Я., Дудник А.Н. Экспериментальные и промышленные установки высокотемпературной газификации пылевидного угля. — Киев : Ин-т проблем энергосбережения АН УССР, 1990. — 36 с.
29. Саламов А.А. Парогазовые установки с газификацией топлива и сокращение выбросов CO<sub>2</sub> // Теплоэнергетика. — 2005. — № 3. — С. 78–80.
30. Ковалев Е.Т., Шульга И.В. Анализ перспективных для Украины технологий производства из угля аналогов продуктов переработки нефти и природного газа // Углеким. журн. — 2007. — № 1–2. — С. 37–43.

Поступила в редакцию 21.10.10

## Gasification as Perspective Method of Solid Fuel Energy Utilization

*Beloded V.D., Tarasenko P.V.*

*The Institute of General Energy of NASU, Kiev*

Modern technologies of solid fuel gasification are analysed. The environmental and economical benefits of solid fuel power in synthesis gas form utilization are displayed. The energy consumption of gasification processes and irretrievable energy loss amount per 1 ton of coal is 6977 MJ, including coal energy capacity of 1092 MJ, oxygen energy capacity of 1225 MJ, radiative losses from the gas generator and heat-recovery boiler of 876 MJ, gas physical heat loss of 2697 MJ and with slag physical heat of 690 MJ. Total process efficiency by gas and slag physical heat loss is 68 %. The gasification efficiency by regeneration of 2/3 of physical heat increases up to 78 %. The economic efficiency of the method concept implementation scaling to 1 million tons of coal in gasification plants use is 11,3 million USD due to transportation costs on Zernovoe – Mostiska-2 route decrease.

**Key words:** coal gasification, synthesis gas, gasification processes energy capacity, economic prospects.

Received October 21, 2010

**КРЫМ  
СТРОИИНДУСТРИЯ  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

**2011  
Осень**

**МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА**

**27–29 октября**

г. Симферополь  
ул. Киевская, 115  
СК «Дружба»  
ДКП

- Современные строительные материалы и технологии
- Краски, лаки
- Строительные машины и механизмы
- Окна, двери
- Сантехника
- Экология. Системы очистки воды
- Ландшафтная и садово-парковая архитектура
- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования
- Энергосбережение и использование нетрадиционных экологически чистых источников энергии
- Электротехническое и осветительное оборудование
- Системы автоматизации, программное обеспечение предприятий строительной, энергетической, электротехнической отраслей промышленности

**ФОРУМ**  
КРЫМСКИЕ  
ВЫСТАВКИ

По вопросам участия в выставке обращайтесь в оргкомитет:  
95011, Украина, г. Симферополь, ул. Самокиша, 18, оф. 406,  
тел./факс: (0652) 56-06-67, 56-06-47, 54-60-66, 54-67-46  
E-mail: expoforum@expoforum.crimea.ua, expo@expoforum.crimea.ua  
www.expoforum.crimea.com