

# Мониторинг состояния энергоэффективности и выбросов CO<sub>2</sub> в промышленности

В поддержку Плана действий «Большой восьмерки»

Tracking Industrial  
Energy Efficiency  
and CO<sub>2</sub> Emissions

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ  
ПОКАЗАТЕЛИ

# Мониторинг состояния энергоэффективности и выбросов CO<sub>2</sub> в промышленности

На долю промышленности приходится приблизительно одна треть мирового энергопотребления. Большая часть этой энергии используется для производства сырья: химического, черной металлургии, нерудных ископаемых, целлюлозно-бумажного, а также цветных металлов. Как же эффективно задействовать эту энергию?

Именно этот вопрос обсуждался лидерами «Большой восьмерки» на Гленгглском Саммите в 2005г., когда был принят План действий «Изменение климата, экологически чистая энергетика и устойчивое развитие». Лидеры обратились к Международному энергетическому агентству с просьбой предоставить информацию и консультации, касающиеся определенных сфер деятельности, уделив особое внимание промышленности.

Книга «Мониторинг состояния энергоэффективности и выбросов CO<sub>2</sub> в промышленности» послужила ответом на такое обращение «Большой восьмерки». Этот обширный новый анализ показал, насколько существенно повысилась энергоэффективность в промышленности за последние 25 лет. Однако все еще остаются значительные возможности для дальнейших улучшений, что становится очевидным при сравнении эффективности различных стран. Данный анализ определил лидирующие и отстающие страны. В нем доступно описаны комплексные подходы для неспециалистов.

Данная публикация с новыми статистическими данными, прогрессивными методологиями, детальным анализом и рекомендациями, а также содержательными консультациями по промышленности, обеспечивает разработчиков решений государственного и частного сектора ключевой информацией, необходимой для реструктуризации энергопотребления в промышленности с целью более сбалансированного использования энергоресурсов.

(61 2007 15 1 P1)  
978-92-64-03016-9

# РЕЗЮМЕ

## Введение

На Саммите «Большой восьмерки» в Глениглсе в 2005 г. представители стран-участниц обратились к МЭА с просьбой предоставить рекомендации по вопросам обеспечения экологически чистого, продуманного и конкурентоспособного энергетического будущего, в том числе относительно изменения подходов к использованию энергии в промышленном секторе. Данное исследование было подготовлено в ответ на этот и дополнительные запросы от министров энергетики стран МЭА. Первичной целью проводимого анализа является разработка методов оценки состояния энергоэффективности в мировой промышленности на сегодняшний день и определение дополнительного технического потенциала энергосбережения.

Приблизительно треть мирового потребления энергии и 36% выбросов двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) приходится на промышленность. На долю крупных предприятий сырьевой промышленности (химических, нефтехимических заводов, предприятий черной металлургии, цементных, целлюлозно-бумажных заводов, и других горнодобывающих и металлургических предприятий) приходится более чем две трети от общего объема потребления. В целом энергопотребление в промышленном секторе возросло на 61% в период с 1971 по 2004 годы, хотя спрос на энергию стремительно возрастает в развивающихся странах, а в странах ОЭСР наблюдается стагнация. Однако данный анализ отмечает наличие существенных возможностей повышения энергоэффективности на глобальном уровне и уменьшения выбросов двуокиси углерода. Где? Как? И какой ценой? Мы попытаемся ответить на некоторые вопросы в данном исследовании.

Это первый глобальный анализ эффективности в контексте использования энергии предприятиями обрабатывающей промышленности. В нем описывается, как именно внедрение передовых технологий, уже используемых в коммерческих целях, может повысить эффективность энергоемких предприятий. В исследовании рассказывается, как промышленность может в целом стать более энергоэффективной за счет систематических улучшений систем с двигателями, включая установку приводов с регулируемой скоростью; усовершенствования паровых систем, включая внедрение когенерации; а также за счет вторичной переработки использованного сырья. Результаты исследования доказано, что, внедряя испытанные технологии и передовой опыт, можно достичь потенциала технического энергосбережения от 25 до 37 ЭДж<sup>1</sup> в год, что эквивалентно 600–900 миллионам тонн нефтяного эквивалента в год, или составляет 100–150% от текущего энергопотребления Японии. Существенный потенциал энергосбережения может в результате обеспечить экономию финансовых средств. Повышение энергоэффективности оказывает положительное воздействие на энергобезопасность, охрану окружающей среды и способствует более устойчивому экономическому развитию. Потенциал сокращения промышленных выбросов CO<sub>2</sub> составляет от 1,9 до 3,2 млрд тонн в год, то есть 7–12% от мировых выбросов двуокиси углерода на сегодняшний день.

Во время оценки было задействовано мощное статистическое средство, так называемые «показатели», определяющие расход энергии на основе физического объема производства. Данное исследование описывает новую группу показателей, которые совмещают методологическую точность с доступностью данных. Показатели

<sup>1</sup> Один эксаджоуль (ЭДж) равняется 10<sup>18</sup> Дж или 2,9 млн т н.э.

создают базу для документирования текущих данных по расходу энергии, анализа прошлых тенденций, определения потенциала технических усовершенствований, постановки задач и более точного прогноза будущих тенденций. Достоинства данного подхода в том, что показатели:

- ▷ не подвержены колебанию цен, что облегчает анализ тенденций. Если подробнее, эти показатели обеспечивают более точное измерение энергоэффективности;
- ▷ могут быть непосредственно отнесены к технологическим операциям и выбору технологии;
- ▷ обеспечивают основательный анализ потенциала повышения энергоэффективности.

Данное исследование основано на других работах МЭА, посвященных энергетическим показателям, а также на серии семинаров и обсуждении вопросов с экспертами ведущих отраслей промышленности, всестороннем анализе доступных данных и подробном обзоре. Ценный вклад был сделан Рабочим соглашением МЭА по промышленным энергетическим технологиям и системам, а также отдельными экспертами со всего мира.

Важный вывод заключается в необходимости выполнения бóльшего объема работ, чтобы повысить качество данных и усовершенствовать анализ. Необходимы более точные данные, в частности для предприятий черной металлургии, химических, нефтехимических заводов, а также бумажно-целлюлозных комбинатов. Данное исследование нацелено на обсуждение и является вводной частью к будущей работе МЭА.

## Ключевые тенденции

В целом за последние десятилетия **наблюдается значительное увеличение энергопотребления в секторе промышленности**. Показатели роста существенно колеблются в зависимости от подотрасли. Например, на предприятиях химической и нефтехимической промышленности, выступающих крупнейшими потребителями энергии, спрос на энергоносители и сырье вырос вдвое за период 1971-2004 гг., тогда как потребление энергии на предприятиях черной металлургии остается относительно стабильным.

В основном **рост промышленного энергопотребления наблюдается в развивающихся странах**. На один лишь Китай приходится 80% возросшего потребления за последние двадцать пять лет. На сегодняшний день Китай выступает крупнейшим в мире производителем чугуна и стали, аммиака и цемента.

**Энергоэффективность значительно повысилась** по всем регионам и **во всех энергоемких отраслях промышленности** за последние двадцать пять лет. Это не удивительно, поскольку этот результат отражает внедрение новейших технологий на предприятиях, где энергозатраты выступают основной статьей затрат. Как правило, новые производственные предприятия в большей степени энергоэффективны, нежели устаревшие. Позитивные тенденции в отношении энергоэффективности наблюдаются и на более крупных предприятиях.

Однако сосредоточение возрастающего спроса на энергоносителях в развивающихся странах, где промышленная энергоэффективность в среднем ниже, чем в станах ОЭСР, означает, что **средний мировой уровень энергоэффективности в определенных**

**отраслях промышленности, например цементной, упал ниже средних показателей по странам ОЭСР** за последние двадцать пять лет.

**Самый высокий уровень энергоэффективности в сфере промышленности удерживают азиатские страны ОЭСР** – Япония и Корея, за которыми следуют Европа и Северная Америка. Такое положение отражает различия в обеспечении природными ресурсами, в условиях, существующих в странах, в стоимости энергии, среднем возрасте предприятий, а также внедряемых политических мер, направленных на охрану окружающей среды и энергетику.

**Ситуация выглядит по-разному в развивающихся странах и странах с переходной экономикой**, что касается потребления энергии и уровня выбросов двуокиси углерода. Если масштабы производства расширяются, предприятия такой отрасли переходят на новые заводы, где используются новейшие технологии. Например, наиболее энергоэффективные алюминиевые комбинаты находятся в Африке, а самые эффективные цементные печи расположены в Индии. Однако в некоторых регионах и отраслях промышленности, где развитие производства застопорилось, предприятия не смогли обеспечить себя новейшими энергоэффективными технологиями. Например, в регионах Российской Федерации и Украины преимущественно используется устаревшее оборудование. Широкое использование угля в Китае приводит к снижению энергоэффективности, так как уголь чаще всего оказывается менее эффективным источником энергии, нежели другие виды топлива из-за показателей зольности и необходимости газификации. В Индии и Китае продолжает развиваться мелкосерийное производство с достаточно низким уровнем энергоэффективности, что обусловлено транспортными ограничениями и особенностями местных ресурсов, например низким качеством угля и руды. Прямое использование низкокачественного угля без достаточной первичной обработки является основным источником низкоэффективных производственных процессов в этих странах.

## Мониторинг состояния энергоэффективности

Основные производственные процессы и продукция более или менее одинаковы по всему миру. Это и позволяет использовать универсальные показатели. Однако, как обычно, дьявол кроется в деталях. Сравнивая относительную энергопроизводительность промышленных предприятий по всему миру, следует обратить внимание на то, что отдельные технологии, качество сырья и продукция всегда отличаются от страны к стране даже в рамках одной и той же промышленной отрасли. Для проведения должного сравнения, системные ограничения и определения должны быть однотипными. Показатели дополняют сопоставительный анализ, но их нельзя использовать в качестве замены. Показатели промышленных расходов энергии могут послужить основной при определении перспективных областей в подотраслях, регионах и технологиях, нуждающихся в повышении энергоэффективности. Например, это относится к цементной промышленности в Китае, а также промышленным двигателям и паровым системам по всему миру, которые, как показывает данное исследование, обладают значительным потенциалом энергосбережения и/или уменьшения выбросов двуокиси углерода.

Для получения надежных показателей требуются качественные данные. На текущий момент очень часто качество данных оказывается не совсем ясным, даже если они получены из официальных источников. Так как показатели могут лечь в основу стратегических решений с далеко идущими последствиями, следует заполнять пробелы в данных, а также регулярно проверять и непрерывно совершенствовать их качество.

Во всех странах для использования широких возможностей повышения энергоэффективности необходимо способствовать созданию партнерств между правительством и промышленными предприятиями, проводить информационные кампании и внедрять стимулы. Следует стимулировать строительство новых заводов, а также переоснащение и реконструкцию существующих промышленных предприятий.

Маломасштабные производственные предприятия, использующие устаревшие технологические процессы, низкокачественное топливо и сырье, а также неразвитая транспортная инфраструктура ведут к промышленной неэффективности в некоторых развивающихся странах. Политические курсы, направленные на решение этих проблем, должны получить основательную поддержку международных финансовых учреждений, программ содействия развитию и международных инициатив по сокращению выбросов двуокиси углерода.

## Потенциал энергосбережения и сокращения выбросов CO<sub>2</sub>

Данный анализ оценивает уровень технического энергосбережения и сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в энергоемких отраслях мировой промышленности. Диапазоны потенциальной экономии первичных энергоресурсов представлены в таблице 1, в двух категориях – «отраслевые улучшения», например цементная промышленность, или «усовершенствования систем/продление эксплуатационного срока», например двигательные системы и переработка отходов производства. Варианты улучшения в этих двух категориях отчасти совпадают. Следует учесть, что варианты усовершенствований систем / продление эксплуатационного срока отличаются большей неопределенностью.

Следовательно, за исключением двигательных систем, всего лишь 50% потенциальных показателей усовершенствования систем / продления эксплуатационного срока задействовали общий потенциал улучшения энергосбережения в отрасли промышленности, как показано в таблице 1. Мы приходим к выводу, что с помощью испытанных технологий на производственных предприятиях можно достичь впечатляющих результатов: от 18 до 26% повышения энергоэффективности и сокращения отраслевых выбросов CO<sub>2</sub> от 19 до 32%. Найдены варианты улучшения, которые могут привести к сокращению энергопотребления на глобальном уровне и выбросов CO<sub>2</sub> в результате производственных процессов от 7 до 12%.

Наиболее важной из категорий энергосбережения является категория двигательных систем, за которой следует химическая/нефтехимическая промышленность. Наивысший потенциал сокращения выбросов CO<sub>2</sub> лежит в отрасли производства цемента. Энергосберегающий потенциал энергосберегающих мер в категории «усовершенствования систем/продление эксплуатационного срока» выше, нежели отдельных подотраслей, частично из-за того, что он относится ко всем отраслям промышленности. Еще одна причина состоит в том, что этим мерам до сих пор уделяли меньше внимания, чем усовершенствованию технологий в энергоемких отраслях. Как правило, все эти перспективы рентабельны, впрочем, их часто не учитывают, в особенности в тех сферах производства, где затраты на энергоносители не являются основной статьей эксплуатационных расходов.

Оценки энергосбережения основывались на сравнении лучших усредненных показателей по стране с мировыми показателями, или эффективной практикой и усредненными мировыми показателями. При оценке не учитывается применение новейших технологий, до сих пор не нашедших широкого распространения. Также не учитываются факторы улавливания и хранения CO<sub>2</sub>, а также крупномасштабный

Таблица 1 ►

**Энергосбережение в результате внедрения коммерческих технологий, подтвержденных эффективным передовым опытом, на производственных предприятиях**

(В пересчете на первичные энергоресурсы)

	Минимальный – максимальный показатели потенциала технического энергосбережения			Общий потенциал сбережения сырья и энергосбережения
	ЭДж/год	млн т н.э./год	млн т CO <sub>2</sub> /год	%
<b>Улучшения в отрасли</b>				
Химическая/нефтехимическая	5,0 – 6,5	120 – 155	370 – 470	13 – 16
Черная металлургия	2,3 – 4,5	55 – 108	220 – 360	9 – 18
Цементная	2,5 – 3,0	60 – 72	480 – 520	28 – 33
Бумажно-целлюлозная	1,3 – 1,5	31 – 36	52 – 105	15 – 18
Алюминиевая	0,3 – 0,4	7 – 10	20 – 30	6 – 8
Другие нерудные ископаемые минералы и цветные металлы	0,5 – 1,0	12 – 24	40 – 70	13 – 25
<b>Усовершенствования систем /продление эксплуатационного срока</b>				
Двигательные системы	6 – 8	143 – 191	340 – 750	
Когенерация	2 – 3	48 – 72	110 – 170	
Паровые системы	1,5 – 2,5	36 – 60	110 – 180	
Интеграция процессов	1 – 2,5	24 – 60	70 – 180	
Улучшенная утилизация вторичных ресурсов	1,5 – 2,5	36 – 60	80 – 210	
Вторичная утилизация энергии	1,5 – 2,3	36 – 55	80 – 190	
<b>Итого</b>	<b>25 – 37</b>	<b>600 – 900</b>	<b>1 900 – 3 200</b>	
<b>Глобальный потенциал улучшения – доля промышленного использования энергии и выбросов CO<sub>2</sub></b>	<b>18 – 26%</b>	<b>18 – 26%</b>	<b>19 – 32%</b>	
<b>Глобальный потенциал улучшения – доля общего использования энергии и выбросов CO<sub>2</sub></b>	<b>5,4 – 8,0%</b>	<b>5,4 – 8,0%</b>	<b>7,4 – 12,4%</b>	

Примечание: Данные сравниваются с базовым 2004 годом. Лишь 50% рассмотренных усовершенствований систем/продления эксплуатационного срока оправдали ожидания, за исключением графы двигательных систем. Потенциал глобальных улучшений включает лишь показатели энергосбережения и сокращения выбросов CO<sub>2</sub>; фактор вырубки лесов не учитывался при расчете выбросов CO<sub>2</sub>. В графе энергосбережения по отраслям не учитывается переработка отходов производства, вторичная утилизация энергии и когенерация.

переход на другие виды топлива. Следовательно, нужно принять во внимание достаточно узкий масштаб технического потенциала энергосбережения и сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в секторе промышленности. Результаты оценки не учитывают ни возрастного критерия основных производственных фондов, ни местных отличий в стоимости энергии, ни законодательных актов, которые могут ограничивать применение кратко- и среднесрочных мер улучшения энергоэффективности. Экономический потенциал этих мер значительно ниже, чем показатели технической оценки. Кроме того, передача технологий развивающимся странам является сложной задачей. Вместе с тем, наличие огромных энергосберегающих возможностей свидетельствует о необходимости повысить усилия в этом направлении.

Некоторые из возможностей энергосбережения лежат за пределами сектора промышленности. Например, когенерация повысит энергоэффективность в сфере производства электроэнергии. Утилизация отходов с целью получения энергии уменьшит потребность в использовании ископаемых энергоносителей для выработки электрической и тепловой энергии. Увеличение вторичной переработки бумаги сохранит больше древесины, которая может пойти на получение биотоплива. Поэтому, вышеприведенные оценки энергосбережения не предназначены для использования в качестве целей отраслевого потребления энергии по причине динамического взаимодействия между отраслями.

Причиной приблизительно 10% прямых и косвенных промышленных выбросов CO<sub>2</sub> являются производственные процессы, которые не связаны с использованием ископаемых энергоносителей. Эту часть выбросов CO<sub>2</sub> нельзя уменьшить внедрением мер по повышению энергоэффективности. Другой отличительной чертой сектора промышленности является то, что и углерод, и энергоресурсы содержатся в материалах и продукции, например в пластмассе. Утилизация отходов и использование вторичных энергоресурсов – удачные варианты использования скрытой энергии и сокращения выбросов CO<sub>2</sub>, при условии их надлежащего применения. На данный момент эти подходы еще не применяются в полной мере.

## Результаты по отраслям

### *Химическая и нефтехимическая промышленность*

- ▷ На долю химической и нефтехимической промышленности приходится 30% глобального промышленного потребления энергии и 16% прямых выбросов CO<sub>2</sub>. Более половины энергозатрат уходит на переработку сырья, и эти затраты не могут быть сокращены посредством применения энергоэффективных мер. В произведенной продукции содержится значительное количество углерода.
- ▷ Методология показателей, которая применяется для сравнения теоретических расходов энергии при использовании доступных передовых технологий с фактическими расходами энергии, предполагает в результате потенциал повышения энергоэффективности на 13-16% в области использования энергии и переработки сырья (за исключением электричества). Потенциал несколько выше в странах, где преобладает устаревший производственный фонд. Результаты применения показателей указывают на проблемы с энергетическими и сырьевыми данными в отдельных странах.
- ▷ Средние региональные показатели по использованию паровых крекинг-установок указывают на 30% разницу в объемах расхода энергии в лучших (Восточная Азия) и худших (Северная Америка) в этом отношении странах. Преобладающую долю потребляемой энергии в паровых крекинг-установках



берет на себя переработка сырья, и этот процент никак нельзя снизить посредством применения мер энергоэффективности.

- ▷ Исследования результатов сопоставительного анализа свидетельствуют о том, что потенциал улучшения энергоэффективности в сфере использования олефинов и ароматических углеводородов колеблется от 10% для поливинилхлорида до 40% для различных типов полипропиленов.
- ▷ Примерно 1 эксаджоуль (ЭДж) в год (20%) можно было бы сэкономить, если применять доступные передовые технологии производства аммиака. Производство на основе угля в Китае требует гораздо больших затрат энергии, чем производство на основе газа в любых других областях.
- ▷ В пересчете на конечную энергию потенциал сбережения колеблется от 5 до 11 ЭДж в год, учитывая энергоэффективность технологических процессов, электрических систем, повторную переработку, получение энергии посредством утилизации отходов и когенерацию.

### **Производство чугуна и стали**

- ▷ На долю производства чугуна и стали приходится 19% конечного потребления энергии и четверть прямых выбросов CO<sub>2</sub> по всему промышленному сектору. Значимость этого сектора в отношении выбросов CO<sub>2</sub> является большой из-за высокого процента использования угля в структуре используемой энергии.
- ▷ В сфере производства чугуна и стали были достигнуты значительные результаты энергоэффективности за последние двадцать пять лет. Увеличение доли вторичной переработки, большая эффективность использования энергии и переработки сырья сыграли важную роль в этом положительном развитии.
- ▷ Структура производства чугуна и стали комплексна, но лишь ограниченное число технологических процессов применяется по всему миру. Значительная доля различий в степени энергоемкости и выбросов CO<sub>2</sub> в масштабах предприятий и стран обусловлена различиями в качестве используемых ресурсов и в стоимости энергии.
- ▷ Энергоэффективность предприятий черной металлургии тесно связана с несколькими факторами, включая технологии, размеры предприятий и качество сырья. Это отчасти объясняет, почему средняя эффективность предприятий по производству чугуна и стали в Китае, Индии, Украине и Российской Федерации ниже, чем аналогичные показатели стран-участниц ОЭСР. На долю вышеперечисленных четырех стран приходится примерно половина мирового производства чугуна и стали, а также более половины глобальных выбросов CO<sub>2</sub> от черной металлургии. Устаревшие технологии, такие как мартеновские печи, все еще используются в Украине и России. В Индии значительную роль играет введение новых, но энергетически неэффективных технологий, например установок по производству железа прямого восстановления, работающих на угле. Эти технологии могут принести выгоду при использовании местных низкокачественных ресурсов и быть реализованными в небольших масштабах, но их использование сильно загрязняет окружающую среду. В Китае низкая энергоэффективность в основном является следствием высокой доли использования маломощных доменных печей, ограниченного или неэффективного использования остаточного газа и низкокачественной руды.
- ▷ Утилизация отработанного тепла в черной металлургии имеет преобладающую тенденцию в странах с более высокой стоимостью энергии, где сбросное тепло

используется для выработки электроэнергии. Среди таких технологических вариантов – сухое тушение кокса (СТК) и турбины высокого давления. СТК улучшает качество кокса по сравнению с общепринятой технологией мокрого тушения.

- ▷ Идентифицированный потенциал сбережения первичной энергии составляет примерно от 2,3 до 2,9 ЭДж в год посредством введения энергоэффективных улучшений, например в системах доменных печей и при использовании доступных передовых технологий. Другие меры, по которым доступны лишь качественные данные, и полная утилизация отработанной стали, могут повысить потенциал до 5 ЭДж в год. Полный объем сокращения выбросов CO<sub>2</sub> оценивается в пределах от 220 до 360 млн т CO<sub>2</sub> в год.

### **Цементная промышленность**

- ▷ На подотрасль переработки нерудных материалов приходится около 9% глобального промышленного расхода энергии, из них 70 или 80% задействовано на производство цемента.
- ▷ Средний показатель потребления первичной энергии в производстве цемента варьируется от 3,4 до 5,3 млрд Дж на тонну (Дж/т) по странам, и средневзвешенный показатель составляет 4,4 млрд Дж/т. Средние показатели на уровне стран были улучшены, при этом средневзвешенный показатель потребления первичной энергии упал с 4,8 млрд Дж в 1994 г. до 4,4 млрд Дж в 2003 г. Значительный уровень сокращения был достигнут за счет улучшений в Китае, где производится примерно 47 % мирового цемента.
- ▷ Энергоэффективность производства цемента достаточно низка в странах со старыми производственными фондами, которые основаны на мокрых печах, и в тех странах, где значительную долю в процессе производства занимают вертикальные печи небольшого размера.
- ▷ В пересчете на первичную энергию потенциал энергосбережения варьируется от 2,5 до 3 ЭДж в год, что соответствует 28-33% общего расхода энергии в промышленном секторе.
- ▷ Цементные заводы являются значительным источником выбросов CO<sub>2</sub>, на их долю пришлось 1,8 млрд т CO<sub>2</sub> в 2005 году. Половина выбросов CO<sub>2</sub> образуется в ходе химической реакции происходящей при производстве цементного клинкера. На выбросы при этом процессе нельзя воздействовать энергоэффективными мерами. Тем не менее, может оказаться возможным сокращение выбросов от производства цементного клинкера на 300 млн т при более масштабном использовании заменителей клинкера, что могло бы снизить уровень ежегодных выбросов CO<sub>2</sub> приблизительно на 240 млн т. Как следствие, потенциал сокращения выбросов CO<sub>2</sub> может быть выше, нежели энергосберегающий потенциал.
- ▷ Средний показатель интенсивности выбросов CO<sub>2</sub> по странам варьируется от 0,65 до 0,92 тонн CO<sub>2</sub> на тонну цемента, а средневзвешенный показатель составляет 0,83 т CO<sub>2</sub>/т. Средний мировой показатель интенсивности выбросов CO<sub>2</sub> от цементных заводов ежегодно снижался на 1% в период с 1994 по 2003 гг.

### **Целлюлозно-бумажная промышленность и полиграфия**

- ▷ На долю целлюлозно-бумажной промышленности и полиграфии приходится около 5,7% мирового промышленного энергопотребления, в котором доля расхода на полиграфию очень мала. Целлюлозно-бумажное производство

покрывает около половины собственных потребностей в энергии за счет утилизации биомассы, эти предприятия также широко используют когенерацию.

- ▷ Среди рассмотренных ведущих стран-производителей эффективность потребления тепла в целлюлозно-бумажной подотрасли повысилась на 9% с 1990 по 2003 г. Это значительное достижение, однако существует еще дополнительный потенциал улучшения на 14%, выявленный в ходе сравнительного исследования доступных передовых технологий.
- ▷ Данный анализ отражает относительно небольшое изменение в общей эффективности потребления электричества на целлюлозно-бумажных комбинатах. Средневзвешенное значение эффективности потребления электроэнергии повысилось на 3% в период с 1990 по 2003 г. Существует еще дополнительный потенциал улучшения на 16%, выявленный в ходе сравнительного исследования доступных передовых технологий.
- ▷ Увеличение объемов вторичной переработки бумаги может способствовать сокращению энергопотребления во многих странах. Восточная Европа подошла к практическому пределу вторичной переработки бумаги. Однако в остальных частях мира, например в Северной Америке и некоторых странах Азии, можно извлечь пользу из более эффективной политики утилизации отходов, стимулирующей более высокий уровень вторичной переработки.
- ▷ Потенциал сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в целлюлозно-бумажной промышленности ограничен высоким уровнем использования биомассы. Однако с точки зрения перспектив энергосистем, повышение эффективности использования биомассы все еще является целесообразным, так как она освобождает скудные древесные ресурсы, что обеспечило бы экономию в других областях.
- ▷ В пересчете на первичную энергию потенциал энергосбережения колеблется от 1,3 ЭДж до 1,5 ЭДж в год, что эквивалентно 15-18% общего потребления энергии в данной подотрасли.

### **Алюминиевая промышленность**

- ▷ Производство алюминия является электроемкой отраслью. Средний мировой показатель потребления электроэнергии для производства первичной алюминиевой продукции составляет 15 300 кВт·ч на тонну (кВт·ч/т). За последние двадцать пять лет этот показатель снижался примерно на 0,4% в год. На региональном уровне средние показатели колеблются от 14 300 кВт·ч/т в Африке до 15 600 кВт·ч/год в Северной Америке. Африка является наиболее энергоэффективным регионом из-за наличия новых производственных фондов. Новые плавильные печи по большей части основаны на последних технологиях, и энергоэффективность является ключевым фактором при разработке плавильных печей.
- ▷ Средний региональный показатель энергопотребления алюминиевыми заводами колеблется от 10 до 12,6 млрд Дж/т.
- ▷ При помощи существующих технологий, энергопотребление на ключевых стадиях производства алюминия может быть сокращено на 6-8% по сравнению с современным передовым опытом, что эквивалентно 0,3-0,4 ЭДж в год в пересчете на первичную энергию.

## **Производство на основе других нерудных ископаемых и цветных металлов**

- ▷ Данная категория включает широкий спектр продукции: медь, известь, кирпич, плитку и стекло.
- ▷ Качество ресурсов и продукции очень различаются. Это усложняет проведение сравнительного анализа по странам. Однако доступные данные свидетельствуют о том, что значительный потенциал энергоэффективности все еще основывается на таких возможностях, как утилизация сбросного тепла.
- ▷ В перерасчете на первичную энергию потенциал энергосбережения варьируется от 0,5 до 1 ЭДж в год. Это приблизительно соответствует 13-25% общего энергопотребления в данных подотраслях.

## **Оптимизация систем**

- ▷ На базе исследования сотен примеров во многих странах была проведена оценка, по результатам которой потенциал повышения энергоэффективности составляет от 20 до 25% для двигательных систем и от 10 до 15% – для паровых систем. Это 6-8 ЭДж экономии первичной энергии в год в двигательных системах и 3-5 ЭДж – в паровых системах. Интеграция процессов могла бы сэкономить дополнительно от 2 до 5 ЭДж.
- ▷ Комбинированное производство тепловой и электрической энергии (когенерация) является проверенным средством повышения промышленной энергоэффективности. В мировом масштабе на сегодняшний день когенерационными установками производится приблизительно 10% от общего объема электроэнергии, что в результате обеспечивает энергосбережение в объеме свыше 5 ЭДж в год. В производстве все еще остается потенциал ежегодной экономии первичной энергии в размере 5 ЭДж за счет использования когенерации, что эквивалентно 3-4% мирового промышленного энергопотребления.
- ▷ Эти меры по оптимизации систем частично совпадают и конкурируют с другими возможностями на отраслевом уровне и мерами по оптимизации эксплуатационного срока. Для точной оценки общего промышленного потенциала необходимо принять во внимание такое взаимное воздействие.

## **Оптимизация эксплуатационного срока**

- ▷ Энергопотребление в промышленности отличается от потребления в других отраслях, поскольку значительное количество энергии и углерода содержится в производимой продукции. Исходя из этого, особенно важно рассмотреть возможности повышения энергоэффективности на протяжении всего срока эксплуатации, включая вторичное использование, утилизацию отходов для производства энергии и эффективность использования материалов.
- ▷ Уровни вторичной переработки и утилизации отходов для получения энергии значительно отличаются в различных странах. Существенное количество отходов захоранивается на свалках. Неиспользованный мировой потенциал вторичной переработки и потенциал утилизации отходов для получения энергии по отдельности колеблются от 3 до 5 ЭДж в год. Повышенная эффективность использования сырья/продукции и управления отходами может привести к сокращению примерно 0,3-0,8 млрд тонн в год выбросов CO<sub>2</sub>.

- ▷ Оптимизация эксплуатационного срока конкурирует с другими мерами, что снижает потенциал для всего промышленного сектора.

## Дальнейшие шаги

В данном исследовании мы впервые попытались представить точный и содержательный комплекс мировых показателей энергоэффективности и выбросов CO<sub>2</sub> в секторе промышленного производства. Они будут полезны представителям отраслей промышленности, органов власти и других учреждений для прогнозирования промышленного энергопотребления, предоставления реалистичной базы для определения соответствующих целей и эффективной регуляторной политики, а также определения отраслей и регионов для более целенаправленного анализа потенциала улучшения энергоэффективности.

Следует продолжить работу в развитие данного исследования, поскольку возможности дальнейших улучшений существуют. Будущие исследования могут быть более содержательными с точки зрения выгоды для всех сторон, в том числе для самой промышленности, если удастся преодолеть препятствия, связанные с вопросами конфиденциальности и секретности для разработки более детальных, полных, актуальных, надежных и открытых баз данных. Разработчики стратегий, представители отрасли, аналитики и прочие требуют более достоверных данных оценки потенциала энергосбережения и сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. Этого можно достичь, получив доступ к точным и всеобъемлющим данным по энергопотреблению и энергоэффективности для проведения анализа будущего потенциала, основанного на эффективных практиках, что позволит проложить дорогу к применению передовых технологий.

Использованная здесь методология, во многих случаях ограниченная недостатком данных, может быть усовершенствована. Для повышения эффективности будущего анализа крайне важна обратная связь. Однако улучшенная методика будет полезнее, только в том случае, если страны и компании одновременно приложат усилия для повышения качества и предоставления доступа к энергетическим данным в сфере промышленного производства.

Помимо усовершенствования анализа показателей, будущая работа будет направлена на оценку потенциала новых технологий и анализ интегрированного потенциала сокращения за счет анализа сценариев, предусматривающих оценку экономического потенциала различных технологий и технологического использования, учитывая нынешние показатели энергоэффективности. Ожидается, что эта работа будет выполнена в первой половине 2008 г.

## Вопросы, касающиеся показателей и данных

В наиболее энергоемких отраслях промышленности на долю десяти-двадцати стран приходится от 80 до 90% глобального производства продукции и производственных выбросов CO<sub>2</sub>. Именно эти страны, в первую очередь, следует рассмотреть в дальнейшем анализе.

В промышленности не существует единого «истинного» показателя энергоемкости и углеродоемкости. В целом следует использовать несколько показателей, чтобы получить адекватную картину энергопотребления и интенсивности выбросов по конкретной отрасли в стране. Системные ограничения и причисление к определенной категории играют крайне важную роль при разработке показателей и

других мер для сравнительного анализа. Например, если разграничить выбросы от производства, в частности, относящиеся к выработке электроэнергии, и выгоду от переработки – т.е. утилизации отходов с целью получения энергии, то такой шаг может значительно повлиять на производительность. Если показатели используются с целью разработки политики, наличие границ и распределение могут повлиять на производственные процессы предприятий. Некоторые решения могут спровоцировать понижение выбросов CO<sub>2</sub> на определенных предприятиях, но повысить объем выбросов в другом месте. Примером может послужить ситуация, когда энергоемкие стадии производства осуществляются в других местах или идет переход на ресурсы более высокого качества, например с железной руды на стальной скрап в сталелитейной промышленности. Разработка показателей во всех отраслях промышленности должна быть скоординирована, чтобы избежать двойного учета, упущений или ошибочных стимулов.

Категории продукции играют важную роль. На производство различных продуктов из одной категории может требоваться абсолютно разный объем энергии, например, как для изготовления низкосортной и высококачественной бумаги. Если ассортимент продукции в одной категории варьируется по стране или между странами, это скажется на эффективности измерения показателей в ходе сравнительного анализа.

В данном исследовании показатели разрабатываются на уровне страны. В них не учитываются различия между показателями производительности предприятий внутри страны. Следовательно, требуется сопоставительный анализ и/или аудит, чтобы дополнить подход, использующий показатели, для лучшего понимания энергопотребления в промышленности.

Некоторые государства успешно применили методологию сравнительного анализа энергоэффективности в промышленности на межгосударственном уровне, например Бельгия и Нидерланды. Подробные сопоставительные исследования энергопотребления в некоторых промышленных областях проводятся на постоянной основе, для этого используются данные, предоставляемые компаниями, которые управляют промышленными предприятиями. Такие исследования обычно проводятся на глобальном уровне, и отдельные заводы не рассматриваются по антимонопольным причинам.

Как правило, эти исследования конфиденциальны и сравнительный анализ ограничен основными производителями в промышленно развитых странах. Это может привести к смещению в пользу более энергоэффективных заводов, что приведет к завышенной оценке показателей энергоэффективности по отрасли. Сравнительный анализ в основном фокусируется на заводах, с одинаковыми производственными процессами, и производящих продукцию одинакового качества. Как следствие, сравнительный анализ не подходит для оценки определенных вариантов улучшения, таких как интеграция процессов, замена сырья, вторичная переработка и энергетическая утилизация отходов. Это же касается сравнительного анализа и индикаторов: результат зависит от выбора методологии. Во многих отраслях промышленности продолжают попытки расширить и улучшить сравнительный анализ на международном уровне.

Ограниченный доступ к энергетическим данным является основным ограничением при разработке содержательных показателей. Данные промышленных подотраслей, которые направляют страны МЭА, недостаточно подробны, чтобы провести сравнение физических показателей по странам на уровне соответствующей аналогичной физической продукции. Следовательно, нужно использовать другие источники данных.

В силу вышесказанного, исследование основывается на различных источниках данных, собранных посредством сети связей в разных странах и промышленных отраслях. Однако одним из ясных выводов исследования является необходимость выполнения бóльшего объема работы, направленной на улучшение качества данных и усовершенствование анализа. Во многих случаях, данные недоступны по причине отсутствия соответствующей организационной структуры, или интереса и обязательств по сбору данных, а, возможно, и по соображениям конфиденциальности.

Развиваются новые схемы сотрудничества правительств и промышленности. Например, Азиатско-Тихоокеанское партнерство планирует собрать дополнительные данные по заводам черной металлургии, цементной и алюминиевой промышленности для шести своих стран-участниц. На этом уровне будут соблюдаться правила неразглашения информации. Подобные усилия рекомендуется координировать.

Недостает данных о процессе локальной интеграции технологических процессов и когенерации, а данные по энергоемкости современных двигательных и паровых систем практически отсутствуют. Рекомендуется усилить систему сбора данных в этих ключевых областях энергосбережения и разработать подходящие показатели, ввиду того, что значительная часть исследований на конкретных примерах свидетельствует о значительном потенциале улучшений, основанных на существующих технологиях.

В случаях недостатка данных по энергопотреблению, для оценки энергоэффективности можно использовать технологические данные. К сожалению, такую информацию, как правило, нельзя получить из государственной статистики. Данные о возрасте основных фондов также могут помочь определить уровень эффективности и потенциальных улучшений, но подобные данные обычно неполны и редко доступны. В некоторых случаях данные имеются у инженерно-технических и консалтинговых компаний, но доступ к ним ограничен. Следует отметить, что данные по использованию технологий могут ввести в заблуждение, например в ситуации, когда практики эксплуатации и интеграция процессов могут значительно повлиять на общую производительность по всей отрасли.

Следует проявлять особую осторожность, если данные различаются по качеству или смешаны для проведения сравнительного анализа по стране. Качество данных не всегда очевидно. Если данные должны использоваться для международных соглашений, потребуются системы мониторинга и верификации.

Мониторинг состояния энергоэффективности и выбросов CO<sub>2</sub> в промышленности  
© ОЭСР/МЭА, 2008

*Поскольку МЭА выступает автором данной публикации на английском языке, МЭА не несет ответственности за точность или полноту издаваемого перевода*

Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions  
© OECD/IEA, 2008

*While the IEA is the author of the original English version of this publication, the IEA takes no responsibility for the accuracy or completeness of this translation*

## МЕЖДУНАРОДНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

---

Международное энергетическое агентство (МЭА) является независимой организацией, образованной в ноябре 1974 г. в рамках Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) для выполнения международной энергетической программы.

Агентство осуществляет комплексную программу энергетического сотрудничества двадцати восьми из тридцати стран-членов ОЭСР. Основными целями Международного энергетического агентства являются:

- Поддержание и совершенствование систем, направленных на предотвращение перебоев поставок нефти.
- Содействие осуществлению рациональной энергетической политики в мировом масштабе путем сотрудничества со странами, не являющимися членами ОЭСР, промышленностью и международными организациями.
- Поддержание постоянной информационной системы по международным рынкам нефти.
- Совершенствование структуры мирового спроса и поставок энергоносителей через развитие альтернативных источников энергии и повышение эффективности использования энергии.
- Содействие международному сотрудничеству в области энергетических технологий.
- Содействие интеграции природоохранной и энергетической политики.

Странами-членами Международного энергетического агентства являются: Австралия, Австрия, Бельгия, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Канада, Люксембург, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Польша, Португалия, Словакия, США, Турция, Финляндия, Франция, Чехия, Швейцария, Швеция, Южная Корея и Япония. В работе МЭА принимает участие Еврокомиссия.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И РАЗВИТИЯ

---

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) является уникальным форумом, где правительства тридцати демократических государств осуществляют совместную деятельность, направленную на решение экономических, социальных и экологических проблем процесса глобализации. ОЭСР также играет важную роль в понимании новых задач и проблем и оказании содействия правительствам различных стран в работе над ними. В частности, это касается таких аспектов, как корпоративное управление, информационные аспекты экономики и проблемы старения населения. Организация предоставляет правительствам возможность сравнить имеющийся у них опыт проведения той или иной политики, найти решения общих проблем, определить понятие “наилучшей практики” и координировать внутреннюю и международную политику.

Странами-членами ОЭСР являются: Австралия, Австрия, Бельгия, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Ирландия, Исландия, Испания, Италия, Канада, Люксембург, Мексика, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Польша, Португалия, Словакия, США, Турция, Финляндия, Франция, Чехия, Швейцария, Швеция, Южная Корея и Япония. В работе ОЭСР принимает участие Еврокомиссия.

© ОЭСР/МЭА, 2008

Международное энергетическое агентство (МЭА),  
Глава Службы связи и информации,  
9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

Просьба учесть, что эта публикация является предметом особых ограничений, которые ограничивают ее использование и распространение.

Со сроками и условиями использования можно ознакомиться на сайте

<http://www.iea.org/Textbase/about/copyright.asp>





**Все публикации МЭА можно  
приобрести на веб-сайте МЭА:**

**[www.iea.org/books](http://www.iea.org/books)**

**Вы также можете получить  
PDF-файлы всех книг МЭА  
с 20% скидкой**

Книги, опубликованные до 1 января 2007 года,  
за исключением статистических публикаций,  
можно получить в формате PDF, загрузив их  
бесплатно с веб-сайта МЭА

## **КНИГИ МЭА**

**Тел: +33 (0)1 40 57 66 90  
Факс: +33 (0)1 40 57 67 75  
E-mail: [books@iea.org](mailto:books@iea.org)**

**International Energy Agency  
9, rue de la Fédération  
75739 Paris Cedex 15, France**

### **ДЛЯ ПОКУПАТЕЛЕЙ В СЕВЕРНОЙ АМЕРИКЕ**

Turpin Distribution  
The Bleachery  
143 West Street, New Milford  
Connecticut 06776, USA  
Toll free: +1 (800) 456 6323  
Fax: +1 (860) 350 0039  
[ocdna@turpin-distribution.com](mailto:ocdna@turpin-distribution.com)  
[www.turpin-distribution.com](http://www.turpin-distribution.com)

*Вы также можете  
направить заказ  
в ближайшую  
торговую точку  
ОЭСР или заказать  
издание через  
интернет:*

**[www.oecdbookshop.org](http://www.oecdbookshop.org)**

### **ДЛЯ ПОКУПАТЕЛЕЙ ДРУГИХ СТРАН МИРА**

Turpin Distribution Services Ltd  
Stratton Business Park,  
Pegasus Drive, Biggleswade,  
Bedfordshire SG18 8QB, UK  
Tel.: +44 (0) 1767 604960  
Fax: +44 (0) 1767 604640  
[ocedrow@turpin-distribution.com](mailto:ocedrow@turpin-distribution.com)  
[www.turpin-distribution.com](http://www.turpin-distribution.com)