

# ЕКОЛОГІЯ ECOLOGY

УДК 338.984.2

А.В. ЧЕРНЯВСКИЙ, Р.А. КРАВЧУК

## ПЛАНИРОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ УКРАИНЫ

В статье приведен обзор тенденций развития мировой энергетики и существующей ситуации в энергетическом комплексе Украины. В работе указано на огромный потенциал сокращения выбросов парниковых газов, который имеет место на энергетических объектах Украины. В работе акцентировано внимание на необходимости планирования оптимальной реализации имеющегося потенциала сокращения выбросов парниковых газов. Авторами предложена модель формирования оптимального плана мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов на энергетических объектах.

**Ключевые слова:** потенциал сокращения выбросов парниковых газов, чистые угольные технологии, энергетический комплекс, энергоэффективность.

**Введение.** Во многих странах мира принимаются решения об ограничении объемов выбросов парниковых газов (ПГ) путем государственного регулирования или инвестирования в новые технологии. Это связано с научными данными, свидетельствующими о нежелательных последствиях глобального потепления. Согласно материалам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [1], для многих регионов мира повышение температуры на Земле более чем на два градуса по сравнению с уровнем доиндустриальной эпохи будет иметь серьезные последствия. Оно грозит наводнениями, дефицитом питьевой воды, падением урожайности, заметным нарушением экологического равновесия и социальными потрясениями.

Изменение климата стало важным фактором, влияющим на принятие решений государственными органами, компаниями и гражданами, особенно в экономически развитых странах. Там устанавливаются жесткие требования по сокращению выбросов ПГ, а бизнес начинает вкладывать средства во внедрение новых более экологичных технологий. Многие компании активно корректируют стратегию своего бизнеса, осознавая, что вопросы климатических изменений становятся все более важными как для их собственного развития, так и для благополучия клиентов и заказчиков. [2]

Недавно опубликованные доклады, в том числе [3], подчеркивают, что во избежание катастрофических экономических последствий, связанных с повышением средней температуры в мире более чем на 2°C, к 2050 году концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере не должна превышать 450-550 частей на миллион. Кроме того, они подчеркивают необходимость начать сокращение выбросов в мире в следующие десять-пятнадцать лет и достичь абсолютного сокращения выбросов в развитых странах на 60-80% к 2050 году.

Украина имеет огромный потенциал для сокращения выбросов ПГ за счет расширения доступа к международному углеродному финансированию. Более того, Украина обязалась до 2018 г. внедрить Директиву Европейского Союза Large Combustion Plant Directive. Для оптимальной реализации имеющегося потенциала сокращения выбросов ПГ необходимо осуществлять планирование этой деятельности. В настоящее время накоплен достаточный объем методического материала по инвентаризации выбросов ПГ и оценке имеющегося потенциала сокращения этих выбросов. В меньшей степени разработаны вопросы формирования и оптимизации плана реализации имеющегося потенциала сокращения выбросов ПГ. Поэтому данная работа посвящена решению этой задачи.

**Тенденции развития мировой энергетики.** По данным ежегодного обзора World Energy Outlook [4] энергетическая карта мира меняется, и это может иметь далеко идущие последствия для энергетических рынков и торговли. Возрождается нефте- и газодобыча в США, некоторые страны могут отказаться от атомной энергетики, быстро развиваются ветровая и солнечная энергетика, растут темпы добычи нетрадиционного газа. Будущее мирового рынка нефти зависит от успеха Ирака в возрождении своей нефтяной отрасли. Также немаловажную роль отводится углю, который в настоящее время является наиболее распространенным и имеющимся в изобилии ископаемым топливом в мире и будет оставаться таковым в будущем. В течение 50 лет - с 2000 по 2050 год - спрос на уголь может удвоиться, превысив 7 млрд. т у. т. и составив 28% мировых поставок первичных энергоносителей, по сравнению с 25% на сегодняшний день. Потребление угля может значительно снизиться при условии проведения активной экологической политики — ведь он является наиболее углеродосодержащим видом

топлива. Тем не менше, ввиду обилия запасов угля, в будущем будет существовать стремление использовать этот ресурс из соображений энергобезопасности и экономической целесообразности. [4]

Улучшение экологических показателей использования угля является ключевым фактором, определяющим его роль в структуре энергетики будущего. В частности, группа технологий улавливания и хранения CO<sub>2</sub> (УХУ) может гармонично сочетать задачи в сфере надежности энергоснабжения, экономического развития и экологической устойчивости, которые иногда конкурируют между собой. [5]

Чистые технологии использования угля (ЧТУ) разрабатываются и внедряются с целью снизить воздействие от использования угля на окружающую среду в течение последних 30-40 лет. Изначально акцент был сделан на сокращение выбросов твердых частиц в отработанных газах - сернистого ангидрида, окисей азота и ртути. Сейчас в странах МЭА акцент в исследованиях чистых технологий добычи и переработки угля сместился в сторону разработки и использования технологий с низким и близким к нулю уровнем выбросов ПГ, таких как улавливание и хранение CO<sub>2</sub>. Международное энергетическое агентство определило четыре группы ЧТУ, которые могут резко сократить выбросы ПГ: улучшение качества угля, повышение производительности существующих электростанций, усовершенствованные технологии и технологии с близким к нулю уровнем выбросов ПГ.

Несмотря на все сказанное выше, основную роль в преобразовании энергетики могут и должны играть технологии. *В издании [6] четко показано, что технологическое преобразование энергетики по-прежнему возможно, несмотря на современные тенденции. Комплексное использование ключевых существующих технологий позволит снизить зависимость от импортного ископаемого топлива или ограниченных внутренних ресурсов, декарбонизировать сектор электроэнергетики. Это позволит ослабить рост спроса на энергоресурсы, уменьшить объемы импорта, укрепить национальные экономики и, со временем, значительно сократить выбросы ПГ. Предложенный в [6] Сценарий ЕТР 2012 2°C (2DS) рассматривает возможные варианты технологий для реализации устойчивого будущего на основе повышенной энергоэффективности и более сбалансированной энергетики, характеризующейся применением возобновляемых источников энергии и более низким уровнем выбросов ПГ. Обозначенная в нем траектория выбросов соответствует Сценарию 450 до 2035 года, описанному в издании МЭА [4].*

Несмотря на технологический потенциал, прогресс в области чистой энергетики происходит слишком медленно. Так, согласно данным, представленным в издании [6], девять из десяти технологий, которые имеют потенциал энергосбережения и сокращения выбросов CO<sub>2</sub>, не справляются с реализацией целей по их внедрению, необходимых для перехода к низкоуглеродному будущему. Некоторые технологии с наибольшим потенциалом демонстрируют наименьший прогресс. *Анализ текущего прогресса экологически чистой энергетики, приведенный в [6], показывает, что только портфель из более зрелых технологий на основе возобновляемых источников энергии, включая гидроэнергетику, биомассу, ветровые электростанции на суше и фотоэлектрическую солнечную энергию, демонстрирует достаточный прогресс. Остальные ключевые технологии в области энергосбережения и сокращения выбросов CO<sub>2</sub> остаются далеко позади.*

**Обзор состояния и направлений развития энергетики Украины.** Что касается энергетической политики Украины, то она находится на распутье, имея одновременно и вызовы в энергетическом секторе, и значительный неиспользованный потенциал. Так, имея большие запасы традиционных энергоресурсов, одновременно со значительным потенциалом возобновляемых источников, Украина может нарастить мощности для существенного увеличения производства энергии. [7]

Среди поставщиков нефти, газа и электроэнергии в Украине преобладают государственные предприятия. Имеющиеся энергетические рынки построены таким образом, чтобы поддерживать свое доминирующее состояние и субсидировать потребление энергии в жилищном и бюджетном секторах. Существующий на данный момент высокий уровень бюджетных расходов на субсидирование потребления газа, тепла и электроэнергии в дальнейшем не должен поддерживаться. При этом, в первую очередь необходимо мобилизовать политическую и общественную поддержку планов перехода к рыночным ценам в социально приемлемый способ и обеспечить экономическую жизнеспособность энергетических предприятий. Поэтому, появляется необходимость в разработке и внедрении новой нормативно-правовой базы, которая способствовала бы усилению конкуренцию, созданию рынков энергоресурсов и являлась привлекательной для инвесторов.

Развитие альтернативных путей поставок газа и нефти из России в Европу и изменения в европейском спросе на газ уменьшают объемы транзита через Украину, а соответственно и доходы от него, которые являются существенной составляющей финансового режима Украины. Сохранение нынешней транзитной роли также является важной задачей энергетической политики Украины.

Внутренняя добыча нефти и газа в Украине находится в состоянии стагнации. При этом, в стране имеются неиспользованные ресурсы природного и нетрадиционного газа. В Украине имеется потенциал обеспечить до 2030 г. собственное потребление газа за счет внутренней добычи. Однако, без всесторонних реформ и привлечения иностранных инвестиций страна Украина не сможет увеличить внутреннюю добычу природного газа и существенно повысить безопасность энергоснабжения. [7]

Украина также имеет существенные запасы угля. По оценкам украинских экспертов прогнозируемый общий запас угля составляет 117,5 млрд. т, а разведанные запасы (добыча угля из которых является

прибыльным) - 56,7 млрд. т. Однако, оценка МЭА значительно отличается - 52 млрд. т общие запасы и 34,2 разведанные. Если принимать во внимание данные правительства, то при добыче угля 80 млн. т в год, разведанных запасов хватит на 700 лет, а если же взять за основу данные ВЭР, угля хватит примерно на 430 лет. [8]

Залежи угля в Украине в основном сосредоточены в Донецком, Львовско-Волынском антрацитовых бассейнах и Днепровском буро-угольном. Причем крупнейшие месторождения находятся в Донецкой, Луганской и Днепропетровской областях (до 95%) [8]. На действующих шахтах запас угля составляет 8,7 млрд. т, (6,5 млрд. т промышленный) 54% которого энергетическое. Однако, при добыче около 15% угля теряется, что связано со сложными горно-геологическими условиями и несовершенным технологическим уровнем добычи [8]. По оценкам украинских экспертов, угля на действующих шахтах должно хватить на 40-90 лет. Средняя глубина шахт достигает 700 м, а в некоторых шахтах даже 1000-1400 м (20%). Кроме того, угольные пласты тонкие (1,2 м в 85% случаях) и часто очень крутые, что затрудняет добычу и ухудшает условия труда, а также увеличивает себестоимость угля [8].

Учитывая, что уголь является наиболее углеродосодержащим топливом, увеличение его доли в топливно-энергетическом балансе приведет к увеличению выбросов ПГ более чем вдвое с 2005 года до 2030 и будет равняться около 350 млн. т  $\text{CO}_2\text{-экв.}$  Такой рост обусловлен, главным образом, увеличением объемов использования угля в качестве топлива на электростанциях.

Страна имеет возможность осуществить энергетическую революцию для модернизации своего энергетического сектора, реформирование собственных энергетических рынков, создание рабочих мест и ускорения экономического роста, не было таким приоритетным в 1990-х и 2000-х годов.

Правительство Украины уже приступило к процессу реформирования энергетического сектора и решения задач, определенных в Программе экономического реформ на 2010-2014 годы. В программе признается неудовлетворительное состояние энергетического сектора Украины вследствие: стареющих активов, низкоэффективного производства и транспортировки электроэнергии, низкой эффективности управления активами, находящимися в государственной собственности, непрозрачность и непоследовательности регуляторной политики, ценовых диспропорций, субсидирования и недостаточных стимулов для инвестиций в энергоэффективность.

В проекте Обновленной Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года, который был обнародован для обсуждения в июне 2012 г., акцентировано внимание на: разработку комплексной и эффективной нормативно-правовой базы для содействия конкуренции, дерегулирования и диверсификации источников энергии; наращивание разработки внутренних энергоресурсов; мероприятия по повышению энергоэффективности; ценообразования, покрывает расходы; и улучшение условий для привлечения частных инвестиций. Эта стратегия является шагом в правильном направлении, но в ней все еще преобладают меры по поставке энергии. [7]

**Механизм планирования реализации потенциала сокращения выбросов ПГ.** Для определения оптимальных направлений реализации имеющегося потенциала сокращения выбросов ПГ на энергетических объектах необходимо внедрить действенную систему планирования этой деятельности. При этом, в первую очередь, должны быть поставлены цели и задачи, которые должны решаться данной системой. Основными документами, определяющими цели и задачи энергетического предприятия в области планирования реализации имеющегося потенциала сокращения выбросов ПГ, должны быть Программа реализации потенциала сокращения выбросов ПГ (далее – Программа) и План мероприятий по сокращению выбросов ПГ. Программа, в отличие от Плана мероприятий, – это комплексный документ, включающий в себя цели, приоритеты, задачи, методы их решения, а также механизм контроля и управления. Составной частью Программы может быть и план первоочередных мероприятий, однако стратегия не сводится к такому плану.

В общих чертах содержательная структура Программы представляется в виде отдельных частей (блоков), на которые разделяется Программа в соответствии с основной функцией, выполняемой каждой частью для достижения программных целей. При подобной структуризации каждый блок выделяется по признаку роли, которую он играет в реализации с помощью программы логической схемы программно-целевого планирования и управления, воплощенной в формуле «цели — пути — средства». [9]

**Целевой блок** содержит характеристику главной цели программы и подцелей разных уровней, определяющих в совокупности целевую установку программы. В целевой блок входят целевые показатели программы и определяющие их целевые нормативы. Содержание целевого блока призвано, с одной стороны, отразить направленность, целевую ориентацию программы, с другой — представить модель «дерева целей» программы.

**Функциональный блок** программы представляет совокупность согласованных по содержанию и увязанных во времени осуществления функциональных мероприятий, направленных на достижение целей программы. Комплекс мероприятий должен обладать свойством полноты в смысле включения в него всех видов мероприятий, необходимых для осуществления целевой установки программы. Степень детализации мероприятий зависит от требуемого уровня глубины проработки программы.

**Исполнительный (адресный) блок** программы формируется в целях увязки мероприятий программы с их исполнителями в лице разных институтов, органов управления, министерств, ведомств, государственных и негосударственных, коммерческих и общественных организаций разных форм собственности, тем или иным образом участвующих в осуществлении программы, включая ее финансирование.

**Ресурсный блок** характеризует совокупность, количественные и качественные параметры ресурсного обеспечения программы, т. е. объемы и виды материальных, трудовых, информационных, финансовых ресурсов, необходимых для реализации программы, и источники их получения.

Описанная в общих чертах блочная структура Программы с выделением блоков по характеру функционального назначения представляет интерес с теоретических и общеметодологических позиций, так как она раскрывает содержательную сторону программ.

Программы в общем случае состоит из разделов, содержащих следующие материалы, сведения, данные [9]:

- цели и задачи программы;
- основные показатели, характеризующие достигаемый уровень решения проблемы, развитие объектов программного комплекса, эффективность программных мероприятий, виды и масштабы ресурсного обеспечения;
- функциональные подпрограммы в виде свода мероприятий по решению функциональных задач программы;
- исполнительные подпрограммы в виде совокупности мероприятий, выполняемых участниками и исполнителями программы;
- ресурсное обеспечение, перечень видов и источников обеспечения программы необходимыми ресурсами, характеристику их особенностей, условий и сроков получения;
- организационно-экономические механизмы реализации программы, ее организационное обеспечение, формы и способы управления осуществлением программы (включая контроль), перечень организационно-хозяйственных мероприятий, план-график работы;
- паспорт программы, содержащий изложенные в концентрированной форме главные сведения о программе.

Анализ имеющихся на предприятиях Украины планов мероприятий по сокращению выбросов ПГ (в том числе и энергосберегающих мероприятий) показал, что [10, 11]: а) структура планов различна; б) группировка мероприятий произвольна; в) отсутствует единообразие показателей эффективности мероприятий. Кроме того, эффективность мероприятий часто рассматривается как аналитический (справочный) материал и недостаточно учитывается при принятии плановых решений. Выбор и разработка конкретных мероприятий нередко осуществляются без достаточно глубокого экономического обоснования. В планы включаются разнохарактерные, не увязанные между собой мероприятия, что препятствует концентрации ресурсов на важнейших направлениях использования имеющегося потенциала сокращения выбросов ПГ. При этом, в общем комплексе мероприятий, наряду с крупными и относительно капиталоемкими (внедрение новых видов оборудования и технологий, реконструкция производств с модернизацией и заменой устаревшего оборудования и др.) включаются мероприятия, реализация которых не требует больших затрат.

При выборе ключевых направлений и планировании конкретных мер, направленных на ограничение и сокращение выбросов ПГ, следует руководствоваться критериями и приоритетами, которые можно условно подразделить на:

- экологические;
- экономические;
- социальные;
- коммерческие;
- технологические.

**Экологические приоритеты** предусматривают соблюдение принципа экологической целостности (environmental integrity), который состоит в том, что меры по сокращению выбросов ПГ не должны приводить к увеличению выбросов в окружающую среду обычных загрязняющих веществ и не должны создавать дополнительных экологических угроз. Оптимальным является выбор таких мер, внедрение которых приводит к снижению выбросов ПГ и в целом вредного воздействия на окружающую среду.

**Экономические критерии** предполагают, что предприятие в первую очередь реализует такие меры по снижению выбросов ПГ, которые а) - дают достаточный экономический эффект и являются окупаемыми<sup>1</sup> и б) - приносят наибольшую отдачу на инвестиции, т.е. являются наиболее рентабельными.

<sup>1</sup> В этом случае можно считать, что сокращение выбросов происходит *без дополнительных затрат*, т.к. полученный при этом экономический эффект (в виде снижения расхода топлива и иных ресурсов) перекрывает понесенные инвестиционные затраты. Такие возможности снижения выбросов называют «no regret options».

Если же в рамках обычной коммерческой практики возместить затраты на реализацию мер по сокращению выбросов ПГ за счет дополнительных доходов или экономии расходов не удастся, то в соответствии с экономическими приоритетами предприятия реализует те меры, которые обходятся ей дешевле. В частности, это означает, что предприятие ищет способы удешевления затрат на сокращение выбросов ПГ, в том числе за счет привлечения инвестиций в проекты совместного осуществления или путем торговли выбросами.

**Социальные приоритеты** подразумевают реализацию таких мер, которые приводят к улучшению условий труда, повышению безопасности рабочих мест и рабочих зон, к росту доходов работников, повышению качества жизни населения.

**Коммерческие приоритеты** требуют, чтобы реализуемые меры по снижению выбросов ПГ не наносили ущерба конкурентоспособности предприятия и не ослабляли его позиций на внутреннем и внешнем рынках. В идеале, меры по снижению выбросов ПГ должны способствовать укреплению имиджа предприятия как экологически ответственного производителя, сокращать производственные издержки (себестоимость продукции) и тем самым повышать конкурентоспособность предприятия, по крайней мере, в долгосрочной перспективе.

**Технологические приоритеты** предполагают, что при реализации мер по сокращению выбросов ПГ предприятие ориентируется на внедрение современных высокоэффективных технологий, апробированных и хорошо зарекомендовавших себя на практике.

Оперативное управление выбросами парниковых газов на энергетических объектах должно производиться на основе бюджетирования, в рамках которого подразделения предприятия получают задания по ограничению и сокращению выбросов ПГ в виде годового бюджета выбросов.

Для реализации программ сокращения выбросов ПГ можно привлечь зарубежные инвестиции, что может помочь финансированию проектов по повышению энергоэффективности. Киотским протоколом предусмотрен специальный инструмент для такого рода инвестиций - так называемые проекты совместного осуществления. В рамках этих проектов компании одних индустриально развитых стран осуществляют инвестиции в программы по сокращению выбросов в других развитых странах, если там реализация подобных мер обходится дешевле. Украина является хорошей базой для осуществления таких проектов.

**Математическая модель оптимизации плана мероприятий по сокращению выбросов ПГ.** Задача оптимизации плана мероприятий по сокращению выбросов ПГ при отборе их для включения в план может быть сформулирована двояко: максимизация функции цели при заданных ресурсах или минимизация ресурсов и перевода функции цели в ограничения [10]. Оба этих принципа, в определенной степени, эквивалентны, так как сокращение затрат при достижении поставленной цели приводит к экономии средств и ресурсов, за счет которых можно повысить степень реализации цели.

В общем виде задача формирования оптимального плана мероприятий по сокращению выбросов ПГ, направленных на обеспечение оптимального (экономически обоснованного) использования потенциала сокращения выбросов ПГ, может быть сформулирована следующим образом.

Пусть имеется сформированный по результатам проведения аудита набор из  $m$  мероприятий, предлагаемых к включению в план мероприятий по сокращению выбросов ПГ. Каждому мероприятию присвоены значения относительной эффективности (потенциала сокращения выбросов ПГ)  $e_i$  и значения требуемых для его внедрения финансовых  $S_i$ , материально-технических и энергетических  $R_i$ , а также трудовых  $t_i$  ресурсов. В связи с ограниченностью имеющихся в наличии на предприятиях финансовых  $S_0$ , материально-технических и энергетических  $R_0$ , а также трудовых  $T_0$  ресурсов, не возможно провести одновременное внедрение всех  $m$  мероприятий. В этих условиях эксперту необходимо сформировать такой набор мероприятий  $x_i \in \{0,1\}$  (принимают значение «1» в случае, когда  $i$ -ое мероприятие принимается к внедрению, и «0» - в противном случае), включаемых в план, чтобы получить максимальную величину использования потенциала сокращения выбросов ПГ  $Z$ .

В формальной математической постановке задача формирования оптимального плана мероприятий по сокращению выбросов ПГ может быть представлена следующей математической моделью:

целевая функция

$$Z = f(x_i) = \sum_{i=1}^m e_i \cdot x_i \rightarrow \max, \quad (i = \overline{1, m}) \quad (1)$$

ограничения на финансовые ресурсы

$$\varphi_1(x_i) = \sum_{i=1}^m s_i \cdot x_i \leq S_0 \quad (2)$$

ограничения на материально-технические и энергетические ресурсы

$$\varphi_2(x_i) = \sum_{i=1}^m r_i \cdot x_i \leq R_0 \quad (3)$$

ограничения на трудовые ресурсы

$$\varphi_3(x_i) = \sum_{i=1}^m t_i \cdot x_i \leq T_0 \quad (4)$$

ограничения на переменные

$$x_i \in \{0,1\} \quad (5)$$

ограничения на коэффициенты

$$0 \leq s_i \leq S_0, \quad 0 \leq t_i \leq T_0, \quad 0 \leq r_i \leq R_0, \quad (6)$$

где  $Z$  - целевая функция, определяющая величину реализуемого потенциала сокращения выбросов ПГ при внедрении определенного набора мероприятий;

$x_i$  - двоичная переменная, принимающая значение «1» в случае, когда  $i$ -ое мероприятие принимается к внедрению, и «0» - в противном случае;

$e_i$  - потенциал сокращения выбросов ПГ, получаемый от внедрения  $i$ -го мероприятия;

$S_i$  - затраты финансовых ресурсов на внедрение  $i$ -го мероприятия;

$r_i$  - затраты материально-технических и энергетических ресурсов всех видов на внедрение  $i$ -го мероприятия;

$t_i$  - трудозатраты на внедрение  $i$ -го мероприятия.

Задача формирования оптимального плана мероприятий по сокращению выбросов ПГ (1)-(6) сводится к прямому перебору всех возможных комбинаций технически реализуемых мероприятий, предложенных по результатам проведения внутреннего или внешнего аудита предприятия.

При прямом переборе различных комбинаций предлагаемых к внедрению мероприятий могут возникнуть технически несовместимые мероприятия. Поэтому математическую модель (1)-(6) необходимо дополнить системой ограничений на допустимые сочетания мероприятий:

$$\sum_{i \in R_q} x_i \leq 1, \quad q = \overline{1, Q}, \quad (7)$$

где  $R_q$  - множество индексов мероприятий, составляющих  $q$ -е недопустимое сочетание;

$Q$  - общее количество недопустимых сочетаний мероприятий.

Задача формирования оптимального плана мероприятий по сокращению выбросов ПГ заключается в отыскании неизвестных  $x_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ), таких, чтобы значение целевой функции (1) было максимальным при выполнении ограничений (2)-(7).

Описанная модель относится к классу задач линейного программирования с переменными, часть которых является булевыми. В реальных ситуациях, когда количество мероприятий колеблется в пределах 10-20, при формировании оптимального плана мероприятий по сокращению выбросов ПГ решение данной задачи можно осуществить с помощью метода полного (прямого) перебора вариантов с использованием ЭВМ. При этом количество комбинаций мероприятий будет находиться в пределах 100000-150000, перебор которых не представляет трудностей для современных ЭВМ.

### Выводы.

1. Анализ существующей ситуации в энергетическом комплексе Украины показал, что имеется огромный потенциал для сокращения выбросов ПГ. Для оптимальной реализации имеющегося потенциала сокращения выбросов ПГ необходимо осуществлять планирование этой деятельности.

2. Среди вопросов, решаемых при планировании оптимального использования потенциала сокращения выбросов ПГ, проблема построения адекватной модели оптимизации плана внедрения мероприятий по сокращению выбросов ПГ и выбора приемлемых алгоритмов решения является одной из самых важных и сложных. Несмотря на большую важность вопросов оптимизации плана внедрения мероприятий по сокращению выбросов ПГ на сегодняшний день они не получили достаточного освещения.

3. Задача формирования оптимального плана мероприятий по сокращению выбросов ПГ сводится к прямому перебору всех возможных комбинаций технически реализуемых мероприятий, предложенных по результатам проведения внутреннего или внешнего аудита предприятия. Использование предложенного подхода дает возможность иметь достаточно эффективный инструмент для разработки

управленческих решений по сокращению выбросов ПГ на энергетических предприятиях на основе планирования оптимального использования имеющегося потенциала сокращения выбросов ПГ. С его помощью могут быть смоделированы различные варианты планов мероприятий по сокращению выбросов ПГ, обеспечивающие наибольшее экономически обоснованное использование потенциала сокращения выбросов ПГ, и выбраны наиболее эффективные из них.

#### Литература

1. Материалы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). – [Электронный документ]. – Режим доступа: [http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_spm\\_ts\\_ru.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_ru.pdf)
2. Энергоэффективная Россия: Пути снижения энергоёмкости и выбросов парниковых газов: Основные выводы - Исследование McKinsey & Company. – [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.mckinsey.com/media/McKinsey/dotcom/>
3. The Stern Review: The Economics of Climate Change. – [Электронный документ]. – Режим доступа: [http://www.hm-treasury.gov.uk/d/Executive\\_Summary.pdf](http://www.hm-treasury.gov.uk/d/Executive_Summary.pdf)
4. World Energy Outlook 2012. – [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/>
5. Чистые технологии добычи и переработки угля. Усиление коммерческих и политических стимулов промышленного внедрения. – МЭА, 2010. – [Электронный документ]. – Режим доступа: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/clean\\_coal\\_rus.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/clean_coal_rus.pdf)
6. Energy Technology Perspectives (ETP 2012). – [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.iea.org/etp/>
7. Енергетична політика за межами країн - членів МЕА: УКРАЇНА 2012. – [Электронный документ]. – Режим доступа: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/UKR\\_Summaryplus.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/UKR_Summaryplus.pdf)
8. Проблеми вугільної промисловості України та викиди парникових газів від видобутку й споживання вугілля: доповідь / Огарева Ю., Пасюк О., Ставчук І. – К.: Національний екологічний центр України. – 2010. – 56 с.
9. Программно-целевое планирование и управление: Учебник. / Райзберг Б.А., Лобко А.Г. — М.: ИНФРА-М, 2002. — 428 с. — (Серия «Высшее образование»).
10. Планирование оптимального использования потенциала энергосбережения промышленных предприятий Украины / В.П. Розен, А.И. Соловей, А.В. Чернявский, М.А. Казмирук // Технічна електродинаміка. 2006. №5. – С.59-68.
11. Розен В.П. Применение метода анализа иерархий при выборе энергосберегающих мероприятий, технологий и оборудования / В.П.Розен, А.И.Соловей, А.В.Чернявский // Новини енергетики. - № 3-4. – 2003. – С.31-36.

УДК 338.984.2

А.В. ЧЕРНЯВСЬКИЙ, Р.А. КРАВЧУК

#### ПЛАНУВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ УКРАЇНИ

У статті наведено огляд тенденцій розвитку світової енергетики та існуючої ситуації в енергетичному комплексі України. У роботі зазначено на величезний потенціал скорочення викидів парникових газів, який має місце на енергетичних об'єктах України. У роботі акцентовано увагу на необхідно планування оптимальної реалізації наявного потенціалу скорочення викидів парникових газів. Авторами запропонована модель формування оптимального плану заходів щодо скорочення викидів парникових газів на енергетичних об'єктах.

**Ключові слова:** потенціал скорочення викидів парникових газів, чисті вугільні технології, енергетичний комплекс, енергоефективність.

A.V. CHERNIAVSKY, R.A. KRAVCHUK

#### PLANNING IMPLEMENTATION CAPACITY REDUCTION OF GREENHOUSE GASES IN THE ENERGY FACILITIES IN UKRAINE

This article provides an overview of trends in global energy and the current situation in the energy sector of Ukraine. The paper pointed to the huge potential for reducing greenhouse gas emissions, which takes place at power stations in Ukraine. The paper also focused on the need to plan optimal implementation of existing potential for reducing greenhouse gas emissions. The authors proposed a model of the optimal plan of action to reduce greenhouse gas emissions at power stations.

**Key words:** the potential for reducing greenhouse gas emissions, clean coal technology, energy, energy efficiency.

1. Proceedings of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). - [Electronic Document]. - Mode of access: [http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_spm\\_ts\\_ru.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_ru.pdf)
2. Energy Efficient Russia: Ways to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions: The main findings - Research McKinsey & Company. - [Electronic Document]. - Mode of access: <http://www.mckinsey.com/media/McKinsey/dotcom/>
3. The Stern Review: The Economics of Climate Change. – [Electronic Document]. - Mode of access: [http://www.hm-treasury.gov.uk/d/Executive\\_Summary.pdf](http://www.hm-treasury.gov.uk/d/Executive_Summary.pdf)
4. World Energy Outlook 2012. – [Electronic Document]. - Mode of access: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/>
5. Clean Coal Technologies - Accelerating Commercial and Policy Drivers for Deployment. – IEA, 2010. – [Electronic Document]. - Mode of access: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/clean\\_coal\\_rus.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/clean_coal_rus.pdf)
6. Energy Technology Perspectives (ETP 2012). – [Electronic Document]. - Mode of access: <http://www.iea.org/etp/>
7. Energy policy outside the countries - members of the IEA: UKRAINE 2012. – [Electronic Document]. - Mode of access: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/UKR\\_Summaryplus.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/UKR_Summaryplus.pdf)
8. Problemi vugil'noï promislovosti Ukraïni ta vikidi parnikovih gaziv vid vidobutku j spozhivannja vugillja: dopovid' /Ogareva Ju., Pasjuk O., Stavchuk I. – K.: Nacional'nij ekologichnij centr Ukraïni. – 2010. – 56 s.
9. Programmno-celevoe planirovanie i upravlenie: Uchebnik. / Rajzberg B.A., Lobko A.G. — M.: INFRA-M, 2002. — 428 p. — (Serija «Vyshee obrazovanie»).
10. Planirovanie optimal'nogo ispol'zovanija potentsiala jenergosberezenija promyshlennyh predpriyatij Ukrainy / V.P. Rozen, A.I. Solovej, A.V. Chernjavskij, M.A. Kazmiruk // Tehnichna elektrodinamika. 2006. №5. – P.59-68.
11. Rozen V.P. Primenenie metoda analiza ierarhij pri vybore jenergosberegajushhih meroprijatij, tehnologij i oborudovanija / V.P.Rozen, A.I.Solovej, A.V.Chernjavskij // Novini energetiki. - № 3-4. – 2003. – P.31-36.

## Відомості про авторів Information about authors

- О. М. КОВАЛКО, к.е.н., доцент, заступник директора з питань роботи з енергогенеруючими підприємствами, ДК Газ України, м. Київ, Україна
- О. В. НОВОСЕЛЬЦЕВ, д.т.н., чл.-кор. НАН України, ст. наук. співроб., пров. наук. співробітник, Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ.
- Т. О. ЄВТУХОВА, мол. наук. співробітник, Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ,
- А.С. МАЗУРЕНКО, д.т.н., професор, завідувач кафедри теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій Одеського національного політехнічного університету, м. Одеса
- А.Є. ДЕНИСОВА, д.т.н., професор кафедри теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій Одеського національного політехнічного університету, м. Одеса
- НГО МІНЬ ХІСУ, аспірант Одеського національного політехнічного університету, м. Одеса
- В.П. РОЗЕН, к.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації управління електротехнічними комплексами ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- Є.М. ІНШЕКОВ, к.т.н., доцент кафедри електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- І.В. КАЛІНЧИК, аспірант, кафедра електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- Н. В. БУСЛОВА, к.т.н., доцент, кафедра електричних мереж та систем факультету електроенергетичної та автоматики НТУУ «КПІ», м. Київ
- М. О. БАДЕЩЕНКОВА, магістр, кафедра електричних мереж та систем факультету електроенергетичної та автоматики НТУУ «КПІ», м. Київ
- І. М. ЧАЮН, головний електрик служби оптимізації електричних режимів ДП НЕК «Укренерго», м. Київ
- А.В. ВОЛОШКО, к.т.н., доцент кафедри електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- А.Л. ХАРЧУК, аспірант кафедри електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- О.М. ЗАКЛАДНИЙ, к.т.н., доцент, кафедра АУЕК ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- О.О. ЗАКЛАДНИЙ, к.т.н., доцент кафедри електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- В.О. БРОНИЦЬКИЙ, аспірант кафедри АУЕК ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- Д.Ю. МОГИЛАТ, магістр кафедри АУЕК ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- Т.Н. БАЗЮК, аспірант кафедри електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- В.П.КАЛІНЧИК, к.т.н., доцент, кафедра електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- В.І. КОНЬШИН, к.т.н., доцент каф. АЕС і ІТФ, ТЕФ НТУУ «КПІ», м. Київ
- Р. А. СТРЕМЕДЛОВСЬКИЙ, магістр каф. АЕС і ІТФ, ТЕФ НТУУ «КПІ», м. Київ
- С.В. ВДОВЕНКО, аспірант Національного авіаційного університету, головний інженер проектів ТОВ „Укргазпромбуд”, м. Київ
- К.Н.ТКАЧУК, д.т.н., професор, НТУУ «КПІ», м. Київ
- В.В.КАЛІНЧИК, аспірант, ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- В. Ф. НАХОДОВ, к.т.н., доцент, кафедра електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м.Київ,
- О. В. БОРИЧЕНКО, к.т.н., доцент кафедри електропостачання ІЕЕ НТУУ «КПІ», м.Київ,
- Р.О. БУЙНИЙ, к.т.н., доцент, кафедра електричних систем та мереж, Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів
- Т.О. РИНКОВА, к.т.н., доцент, кафедра теплотехніки та енергозбереження ІЕЕ НТУУ «КПІ», м.Київ,
- М.Ю. ВАСИЛЬЧЕНКО, аспірант, кафедра теплотехніки та енергозбереження ІЕЕ НТУУ «КПІ», м.Київ,
- Т.М. КОВТАНЮК, асистент кафедри теплотехніки та енергозбереження ІЕЕ НТУУ «КПІ», м.Київ,
- В. О. САВОНІК, магістрант, кафедра АЕС і ІТФ, ТЕФ НТУУ «КПІ», м. Київ,
- Ю.В. РОМАШОВ; к.т.н., доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків
- А. В. ЧЕРНЯВСЬКИЙ, к.т.н., доцент кафедри електропостачання, ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ
- Р.А. КРАВЧУК, студент, ІЕЕ НТУУ «КПІ», м. Київ