

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Энергетические ресурсы – это любые источники механической, химической и физической энергии. Запасы топлива в земных недрах складываются из угля, нефти, газа и урановых руд. Мировой запас угля оценивается в 9-11 трлн. т при добыче более 4,2 млрд./г. Мировой запас нефти – 840 млрд. т условного топлива, природного газа – 300-500 трлн. м³, урана – 135 тыс.т. В расчете на 1 человека потребление энергии за период 1990-2000гг. увеличилось в 5 раз и будет расти и дальше. Объекты, производящие энергию, являются источниками вредных выбросов в окружающую среду. В процессе горения топлива выбрасывается ряд веществ, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду. Их характеристика дана в *таблице 1*.

Таблица 1

Основные вещества, выбрасываемые в атмосферу энергетическими объектами

Наименование	Характеристика
Диоксид серы (SO_2)	Оказывает воздействие на окисление, разрушает материалы и вредно воздействует на здоровье человека (раздражает слизистую оболочку дыхательных путей). Используется для получения ряда химикатов и для консервирования фруктов.
Оксиды азота (NO_2)	Оказывают вредное воздействие на здоровье человека и способствуют образованию парникового эффекта и разрушению озонового слоя, что отрицательно воздействует на здоровье человека. Оксиды азота вызывают «вымирание лесов», «кислотные дожди».
Монооксид углерода (CO)	Выделяется в результате неполного сгорания топлива. Взаимодействует с другими веществами и оказывает разнообразное вредное воздействие (угарный газ). В то же время является высококалорийным топливом в процессе газификации угля.
Углекислый газ (CO_2)	Образование CO_2 – необходимое условие процесса горения (при производстве энергии). Однако эколо-

	гические законы ограничивают уровень выбросов CO_2 . Углекислый газ способствует созданию парникового эффекта. Применяется в пищевой и холодильной промышленности.
Твердые частицы	Включают сажу и другие несгоревшие материалы. Переносят тяжелые металлы и углеводороды. Являются источником выбросов в атмосферу радионуклидов при сжигании древесины из загрязненной зоны.

Воздействие на окружающую среду оказывают также и другие газы, поступающие в атмосферу: пар, метан, хладагенты. Для лучшего понимания механизма отрицательного воздействия выбрасываемых в атмосферу вредных веществ рассмотрим ее строение [6]. Атмосфера включает четыре области по высоте:

тропосферу — от 0 до 10+12км с падением температуры до $-55^{\circ}C$ и давления до 41,0мм рт.ст.;

стратосферу — от 10+12 до 50+55км с ростом температуры до $0^{\circ}C$ и падением давления до 8,9мм рт.ст. в средней стратосфере и до 0,63мм рт.ст. в верхней;

мезосферу — от 50+55 до 80+90км с падением температуры до $-90^{\circ}C$ и давления до 0,04мм рт.ст.;

термосферу, простирающуюся от 80+90км до 200-300км с непрерывным повышением температуры до сотен градусов.

Каждая зона атмосферы завершается областью постоянной температуры, тропопаузой, стратопаузой и мезопаузой. Фазы накапливаются в верхних слоях тропосферы и стратосферы, препятствуют выходу теплового инфракрасного излучения с поверхности Земли, нагретой Солнцем. Атмосфера и поверхность Земли нагреваются, пока уходящие потоки энергии не уравниваются с приходящими. Это явление представляет собой парниковый эффект, который сопровождается нагревом тропосферы и охлаждением стратосферы.

В средней атмосфере присутствует озоновый слой. Молекулы озона поглощают солнечное излучение с длиной волн короче 290нм и инфракрасное излучение с поверхности Земли с длиной 9-10 мкм, усиливая «парниковый эффект». Таким образом, озоновый слой участвует в обеспечении безопасного уровня ультрафиолетовой радиации и поддерживает устойчивый климат на Земле.

В тропосфере и стратосфере озон оказывает воздействие на химические процессы с участием антропогенных примесей, контролируя их содержание. Эти процессы обеспечивают оптимальные условия существования флоры и фа-

уны. Выбросы в атмосферу хлорсодержащих газов и окислов азота приводят к истощению и разрушению озонового слоя, что ведет к увеличению, поступающего на Землю биологически вредного солнечного ультрафиолетового излучения [3]. Наиболее эффективным способом снижения вредных выбросов и атмосферу является уменьшение использования топлива, которое может быть достигнуто за счет рационального и экономного использования энергии.

Таким образом, энергосбережение способствует улучшению экологии окружающей среды. Этот фактор важен для Беларуси, где основным источником энергии являются топливоиспользующие установки. Рассмотрим, какими путями может быть достигнуто снижение потребления топлива. Например, использование контактных утилизационных теплообменных аппаратов позволяет утилизировать отходящее тепло, но и очищать газы. Утилизация тепловых энергетических отходов непосредственно связана с экологическими мероприятиями, так как за счет этого постигается снижение вредных выбросов, пропорциональное сэкономленному топливу. Особенно наглядной и ощутимой является организация оптимальных топочных процессов и утилизация сбросного тепла в промышленных печах, котельных установках и на других объектах электроэнергетики. Рассмотрим некоторые аспекты данного направления.

В настоящее время 90% потребляемого топлива в энергетике Беларуси покрываются за счет поставок Российского природного газа, цена на который существенно возросла. В 2006 году на Белорусском газоперерабатывающем заводе (БГПЗ) Республиканского унитарного предприятия «Производственное объединение «Белоруснефть» официально введена в эксплуатацию когенерационная ТЭЦ на попутном газе (когенерация - комбинированное производство тепловой и электрической энергии), генеральным подрядчиком и системным интегратором пусконаладки которой был Институт информационных технологий БГУИР. Строительство подобных энерготехнологических ТЭЦ и комплексов является одним из актуальнейших для Республики Беларусь направлений обеспечения энергетической безопасности, экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения экономической эффективности предприятий. При этом на выработку электрической энергии расходуется условного топлива 140-180 грамм на киловатт-час, почти в два раза ниже, чем на вырабатываемой только электроэнергию конденсационной электростанции традиционной большой энергетики. Так, на Лукомльской ГРЭС - одной из лучших в мире конденсационных электростанций - удельный расход условного топлива составляет 320 г/кВт.ч, на Минской ТЭЦ 4, одной из наиболее эффективной в Европе теплофикационной ТЭЦ, обеспечивающей помимо выработки электроэнергии теплоснабжение нашего города - 212 г/кВт.ч. Первая из построенных в нашей рес-

публике на Белорусском цементном заводе когенерационная энерготехнологическая установка мощностью 16 МВт экономит 23 тысячи условного топлива (т.у.т.) в год, ТЭЦ на попутном газе будет экономить более 30 т.у.т. Срок окупаемости энерготехнологических комплексов на базе газопоршневых и газотурбинных агрегатов составляет 1-3 года, традиционных паротурбинных энергоблоков большой энергетики - 8-12 лет.

Без традиционной большой энергетики на базе мощных паровых турбоагрегатов невозможно обеспечить все потребности электроэнергии нашей республики. Однако, по оценкам специалистов, на белорусских предприятиях могут быть введены в эксплуатацию тысячи эффективнейших энерготехнологических установок и комплексов мощностью от 100 КВт до 100 МВт с суммарной электрической мощностью, превышающей 40 действующих мощностей энергосистемы Беларуси. Это задача и встает перед Вами и решать ее Вам.

Исследования показывают [7], что комбинированное производство электрической энергии и тепла на ТЭЦ является самым важным направлением в снижении выбросов CO_2 . При этом снижение выбросов CO_2 составляет 500 кг/МВт.ч при производстве 1МВт.ч электроэнергии по комбинированному циклу в сравнении с раздельным производством электрической и тепловой энергии на ТЭС и в котельных. Кроме диоксида углерода уменьшается количество выбросов SO_2 и NO_x (рисунок 1). Использование оптимального состава топливоздушнoй смеси позволяет достичь максимально возможной температуры горения, что снижает потребление топлива. При увеличении коэффициента избытка воздуха до 2, температура горения уменьшается на 40%. Кроме того, при избытке воздуха дополнительное потребление топлива возрастает до 25%.

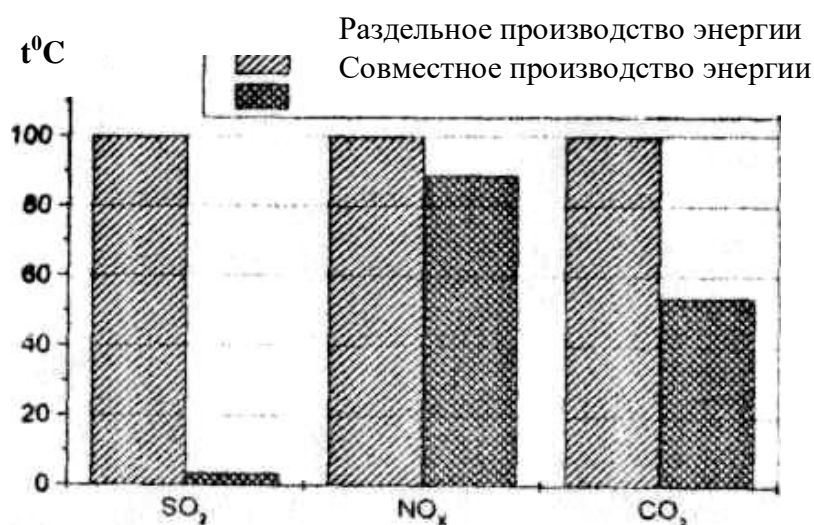


Рис. 1. Влияние технологии производства теплоты и электроэнергии на загрязнение окружающей среды.

Реальной экономии топлива можно добиться использованием тепловых энергетических отходов в котельных установках и промышленных печах для подогрева питательной воды и предварительного подогрева первичного воздуха до $200 - 400^{\circ}\text{C}$. Так, при подогреве воздуха реальная экономия топлива в среднем может достигать 25 % (рисунок 2).

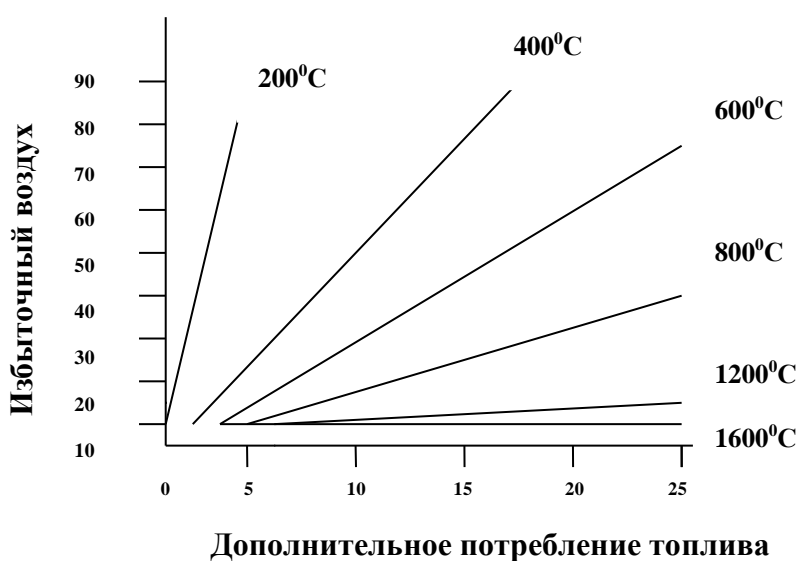


Рис. 2. Влияние избыточного воздуха и температуры отходящих газов на потребление топлива

Оптимальный состав топливовоздушной смеси можно поддерживать с помощью горелок с автоматическим управлением. Для этого дополнительно применяются системы сбора информации о химическом составе отходящих дымовых газов, ее обработка и осуществление автоматического регулирования на основе полученной информации. Контроль эффективности сгорания топлива основывается на измерении содержания CO_2 в отходящих дымовых газах. Считается, что при оптимальном сгорании природного газа получается от 8 до 9,5% CO_2 , а при сгорании мазута от 10 до 12,5%. Рекомендуется дополнительно определять содержание кислорода, так как оптимальное содержание CO_2 можно получить как при недожоге топлива, так и при его полном сгорании с оптимальным значением коэффициента избытка воздуха $\alpha > 1$. Для уменьшения выбросов NO_2 , воздух, подаваемый на горение, необходимо смешивать с частью отходящих га-

зов, организуя их рециркуляцию. Повышенная влажность топлива снижает температуру его горения и требует избытка воздуха для полного сгорания, что снижает эффективность процесса горения. Данная закономерность для древесного топлива проиллюстрирована на рисунке 3 [8]. На этом же рисунке видно, что подогрев первичного воздуха до 200°C обеспечивает повышение температуры горения на 7%.

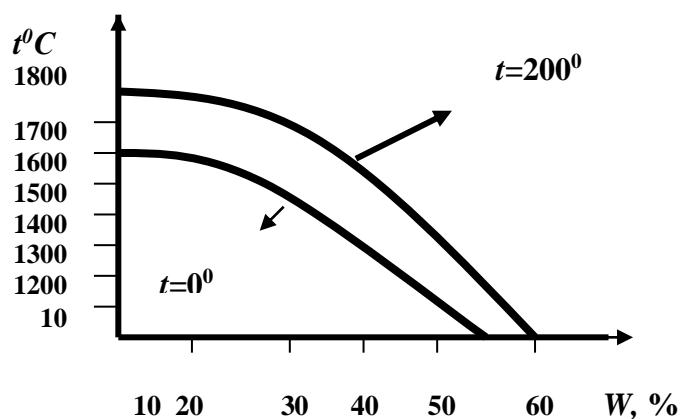


Рис. 3. Влияние влажности древесного топлива и предварительного подогрева воздуха на температуру горения.

Значительным источником вредных выбросов является транспорт. Производство топлива для транспорта поглощает в некоторых странах до 50% потребляемой нефти. Автомобильные выхлопные газы содержат такие вредные вещества, как окись углерода, летучие органические соединения, окись азота и свинец. Ядовитые выхлопные газы и свинец отрицательно влияют на нервную систему. Разработка технологий производства чистого горючего и улучшенных двигателей с минимальным потреблением топлива позволяет уменьшить загрязнение от транспортных средств. Количество потребляемого топлива транспортными средствами, как и в энергетике, зависит от оптимального состава топливовоздушной смеси. Использование биомассы в виде топлива также дает преимущества для экологии, так как при ее сгорании не выделяется больше CO_2 , чем при естественном разложении в природе. Переработанный навоз путем анаэробного сбраживания уменьшает выделение азота в грунтовые воды и выделение метана, вызывающих «парниковый эффект» в атмосфере. Биомасса может быть использована в сочетании с органическим топливом - углем, торфом. Для утилизации биомассы с целью получения энергии используются современные устройства: топки с кипящим (псевдожидкостным) слоем, газогене-

раторы. Наряду с биомассой, в улучшении экологической обстановки значимую роль, могут сыграть и другие возобновляемые источники энергии Солнце и ветер. Затраты на производство возобновляемой энергии постоянно снижаются, и она со временем может стать конкурентоспособной с энергией, полученной из жидких, твердых и газообразных видах топлива. Снижение потерь тепла через ограждения агрегатов и устройств, которые используются при его производстве, транспортировке и потреблении, также уменьшает потребление топлива. Любые потери тепла требуют компенсации, так как потребитель должен получить необходимое количество энергии для проведения технологических процессов или создания комфортных условий для работы, учебы, отдыха. Значительное уменьшение потребления энергии может быть достигнуто и за счет совершенствования технологических процессов, использования современного основного и вспомогательного оборудования.

2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

По прогнозу к 2020г. возобновляемые источники энергии должны были заменить около 2,5 млрд. т топлива, а их доля в производстве электроэнергии и теплоты составить около 8 %. Современные тенденции в энергопотреблении позволяют говорить о больших перспективах в развитии именно этого направления и уменьшении роли традиционных источников энергии (таблица 2).

Таблица 2

Ресурсы возобновляемой энергии

Первичный вид энергии	Источник энергии	Мировые ресурсы 10^{15} кВт/ч/г.
Механическая	Сток рек	0,028
Механическая	Волны	0,005-0,05
	Приливы и отливы	0,09
	Ветер	0,5-5,2
Тепловая	Градиент температур:	
	Воды морей и океанов	0,1-1,0
	Воздуха	0,001-0,01
	Недр земли (вулканов)	0,05-0,2
Лучистая	Солнечное излучение:	

	На поверхности земли	200-280
	Полная энергия	1 570
Химическая	Растения и торф	10

Согласно водноэнергетическому кадастру потенциальная мощность рек Беларуси, подсчитанная по данным об их падении и водоносности в средний год составляет 855 МВт, или около 7,5 млрд. кВтч/год. Технически возможные к использованию гидроэнергоресурсы оцениваются в 3 млрд. кВтч/год. Экономический потенциал гидроэнергоресурсов Беларуси по оценке 1967г. составляет 0,9 млрд. кВтч/год [2]. В настоящее время нет общепринятого для всех стран понятия малой гидроэлектростанции. Наиболее часто к малым ГЭС относят гидроэнергетические установки, мощность которых не превышает 5 МВт. Нижним пределом мощности малых ГЭС принято считать 0,1 МВт: гидроэнергетические установки с меньшей мощностью обычно относят к категории микроГЭС. Согласно выполненным в 1991 году группой специалистов Беларуси оценкам в республике целесообразно восстановить 29 малых ГЭС общей установленной мощностью 15 МВт со среднегодовой выработкой электроэнергии 55 млн. кВтч. Кроме того, можно использовать гидроэнергетические возможности существующих на малых реках водохранилищ неэнергетического назначения путем пристройки к ним ГЭС общей мощностью 6 МВт и выработкой электроэнергии 21 млн. кВтч./год [1]. В настоящее время в Беларуси действует полтора десятка малых ГЭС, часть из которых восстановлена, начиная с 1992 года, из числа ранее заброшенных. Их общая мощность составляет около 8 МВт. Другие показатели использования гидроэнергоресурсов Республики Беларусь в сопоставлении с их техническим потенциалом и аналогичными показателями по сопредельным и др. странам мира приведены в *таблице 3*. Как следует из *таблицы 3*, состояние освоения гидроэнергоресурсов Беларуси оставляет желать лучшего. Поэтому актуально выявление первоочередных ГЭС, характеризующихся как наибольшей экологической приемлемостью, так и экономической выгодностью.

Таблица 3

**Технический гидроэнергетический потенциал
и освоение гидроэнергоресурсов в ряде стран мира**

Страна	Площадь, млн. км ²	Тех. по- тенц., млрд. кВт ч/г	Действующие ГЭС		
	Насел.,		общей	в т. ч. малые	Доля ГЭС,

	млн. чел.		мощн., МВт	мощн. МВт.	число ГЭС	%
Беларусь	0,208/10,3	3,0	8,0	8,0	15,0	0,1
Латвия	0,065/2,6	4,0	1512,0	2,3	9	74,0
Литва	0,065/3,7	3,6	107,0	5,4	14	5,5
Польша	0,313/38,5	12,0	535,0	115,0	250	1,0
Россия	17,075/148	1 670,0	39 986,0	53,0	29	26,8
Украина	0,604/52,1	23,5	4465,0	100,0	149	8,7
Австрия	0,084/8,0	53,7	1 140,0	95,0	1580	68,0
Бельгия	0,031/10,1	1,4	102,0	102,0	40	0,4

Продолжение таб. 3

Страна	Площадь, млн. км ²	Тех. по- тенц., млрд. кВт ч/г	Действующие ГЭС			
	Насел., млн. чел.		общей мощн., МВт	в т. ч. малые		Доля ГЭС, %
				мощн. МВт.	число ГЭС	
Исландия	0,103/0,3	64,0	880,0	68,0	84	95,0
Индия	3,29/915	84 044,0	20 576,0	533,0	2000	25,0
Иордания	0,093/4,3	0,7	6,0	6,0	1	1,0
Испания	0,505/39,1	70,0	14803,0	500,0	735	20,0
Италия	0,301/57	69,0	12 925,0	1 976,0	1 510	18,6
Казахстан	2,724/17	62,5	2 129,0	80,0	19	10,0
Канада	9,911/27,3	631,7	64 770,0	700,0	200	62,0
Китай	9,597/1200	1 923,3	52 180,0	18 000,0	85 400	18,0
Люксембург	0,003/0,4	0,1	33,0	22,0	13	7,2
Нидерланды	0,037/15	0,2	30,0	30,0	14	0,2
Норвегия	0,324/4,3	200,0	26 000,0	746,0	346	99,6
Португалия	0,100/9,4	24,5	4 125,0	230,0	74	25,6
Румыния	0,238/22,8	40,0	5 871,0	331,0	225	28,7
США	9,39/260	528,5	74 856,0	2957,0	842	9,9
Финляндия	0,338/5,1	19,7	2 827,0	365,0	205	19,0
Франция	0,549/56,7	72,0	23 100,0	1 600,0	1 350	15,4
Швейцария	0,041/6,9	41,0	10 118,0	737,0	1 000	59,0

Швеция	0,450/8,8	130,0	16 450,0	250,0	600	52,0
Япония	0,378/125	134,2	21 171,0	7 000,0	1 350	9,3

К экологически приемлемым вариантам ГЭС группы 1 отнесены те, у которых удельная площадь затоплений меньше 0,5 га/кВт, а мелководий меньше 0,2 га/кВт установленной мощности. Для группы 2 эти показатели находятся в пределах соответственно 0,5 – 3,5 га/кВт и 0,2 – 1,4 га/кВт. Данные о количестве, группах экологической приемлемости и мощностях ГЭС представлены в *таблице 4*.

Таблица 4

Экологически приемлемые варианты ГЭС

Реки	Группа экологической приемлемости	Количество ГЭС	Общая мощность ГЭС, МВт
Неман и его притоки	1	8	94,0
	2	11	6,4
	3	6	1,7
Притоки Западной Двины	1	16	26,1
	2	11	8,5
	3	1	0,1
Притоки Припяти	3	3	2,8
Всего		56	139,6

Из *таблицы 4* следует, что по общей установленной мощности группа 1 составляют 86%, а в бассейне Припяти развитие малой энергетики ограничено.

Связь экологии и энергосбережения четко просматривается в основных приоритетных мероприятиях, направленных на снижение парникового эффекта и рекомендованных бюро по защите окружающей среды [4]. Эти мероприятия относятся к нескольким направлениям и включают следующий перечень, непосредственно связанный с энергетикой:

более эффективное производство, передача и распределение энергии.

эффективные моторы и приводы.

освещение и водяное отопление.

возобновляемые виды энергии, такие, как фотоэлектрическая, солнечно-тепловая и энергия ветра.

газификаторы биомассы.

устойчивое производство биомассы для замены ископаемого топлива.
совершенные, эффективные газотурбинные циклы.
микрогидроэнергия.
переход в топливе на природный газ.
переработка городских и сельских отходов.

Одним из направлений экологизации энергосбережения может являться проведение совместного эколого-энергетического аудита и экспертизы и соблюдение экологического законодательства в энергосбережении. Взаимосвязь экологии и энергосбережения выражается простой формулой: экономишь энергию — уменьшается отрицательное воздействие на окружающую среду.

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДПРИЯТИЯ И АНАЛИЗ СВЯЗИ ПРИБЫЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ И ВЫБРОСОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Примером увязки размера прибыли предприятия и выбросов в окружающую среду является *следующий расчет*.

1. Определяется относительный коэффициент выброса (для каждого загрязняющего вещества):

$$E = \Pi / \Phi = \sum_i A_i m_i^{(1)} / \sum_i A_i^{(0)} \quad (1)$$

где, Π – максимально допустимая концентрация (плановая величина);

Φ – фактическая концентрация;

A_i – относительная опасность выбросов;

m_i – масса выбросов.

2. Производится корректировка хозрасчетного дохода предприятия:

$$K = f E \quad (f \text{ – корректирующий коэффициент}) \quad (2)$$

3. Оценивается величина экономического коэффициента:

при превышении нормы выбросов ($E < 1$) коэффициент определяется как:

$$K = \lg E / 2 + 1 \quad (3)$$

Дополнительная прибыль составит:

$$\Pi = \Pi_0 [(\lg E / 2 + 1) - 1] \quad (4)$$

при соблюдении нормы выбросов показатели $E = 1$ и $K = 1$; при этом $\Pi = 0$;

в случае невыполнения нормативов ($E > 1$) $K = \lg E - 1$

Дополнительная прибыль составит:

$$\Pi = \Pi_0 [\lg E + 1) - 1] \quad (5)$$

Следующие числовые примеры показывают влияние загрязнения окружающей среды на прибыль предприятия:

$E = 0,5$ – двукратное превышение выбросов; 15 % прибыли должно дополнительно отводиться в бюджет района или государства;

$E = 1$ – соблюдение нормы по вредным выбросам; прибыль предприятия при этом не меняется;

$E = 2$ – вредные выбросы вдвое ниже плановых величин; предприятие получает дополнительно 30 % от величины прибыли региона.

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Задача 1. Произведите экономическую оценку и анализ возможности получения дополнительной прибыли для энергосистемы, в которую входят 5 ТЭС.

Исходные данные:

Вариант	$W_{э}$, млн кВт ч	W_m , Гкал	Выбросы, тыс. т	Годовой норматив выбросов, тыс. т
1	4,81	3521	3,794	12,237
2	4,20	3763	3,927	
3	2,98	2441	3,807	4,518
4	2,80	2687	3,644	
5	7,43	2443	2,331	3,699
6	7,59	2538	2,166	
7	14,68	3301	14,294	20,661
8	14,91	3383	12,042	
9	18,90	4112	11,802	23,135
10	18,49	4257	15,088	
11	11,62	2139	6,502	8,233
12	12,40	2168	6,318	
13	3,85	3736	8,848	1,11
14	4,05	3919	14,250	

Себестоимость тепло- и электроэнергии:

$$C_m = 32 \text{ руб./Гкал};$$

$$C_{э} = 0,4 \text{ руб./кВт ч}$$

Цена отпускаемой тепло и электроэнергии:

$$Ц_m = 70 \text{ руб./Гкал};$$

$$Ц_{э} = 1 \text{ руб./кВт ч}$$

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ

РАБОТЫ

1. Как устроена атмосфера?
2. Источником каких вредных веществ, поступающих в атмосферу, являются энергетические объекты?
3. За счет каких мероприятий можно уменьшить потребление органического топлива?
4. В чем проявляется воздействие вредных выбросов на окружающую среду?
5. Что такое парниковый эффект?
6. Каково значение озонового слоя для жизнедеятельности на Земле?
7. Оказывают ли возобновляемые источники энергии отрицательное воздействие на окружающую среду?
8. Какие мероприятия в сфере энергетики позволяют снизить парниковый эффект?
9. Чем измеряется потенциальная мощность рек РБ?
10. Чему равна установленная мощность малых ГЭС?
11. Какие экологические параметры должны учитываться при строительстве малых ГЭС?
12. Что такое когенерация?

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алексин М.В., Синев В.С., Пижурин П.А. и др. Экономия энергоресурсов в лесной и деревообрабатывающей промышленности. – М.: Лесная промышленность, 1982.
2. Альферович А.Н., Гриневич Л.А., Богославчик П.М. и др. Современное состояние и возможные пути развития гидроэнергетики Беларуси. – Мн.: Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ), 1993, N 3-4.
3. Ларин И.К. Почему важно сохранить озоновый слой и что для этого делается? – М.: Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ), 1997, N 7.
4. Михайлов Л.П., Фельдман Б.Н., Марканова Т.К. и др. Малая гидроэнергетика, – М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Отчет о мировом развитии – 1992. Развитие и окружающая среда, – М.: МГУ, 1995.
6. Резниковский А.Ш., Рубинштейн М.И. Гидроэлектростанция в энергетических системах России. – М.: Гидротехническое строительство, 1997, N 10.

7. Советский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1980.

8. Центральное теплоснабжение в Дании. Исследования и разработка технологий. Копенгаген, – М.: Датское министерство энергетики, 1993.

9. Энергосберегающие технологии в современном строительстве. – М.: Стройиздат, 1990.