

## РАЗДЕЛ 4. ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 331.46:624

Ниметулаева Г. Ш., Аблязов Н. Р.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА С ЦЕЛЬЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*У статті розглянуто основні методи кількісної та якісної оцінки професійного ризику у будівельній галузі.*

**Ключові слова:** ризик, ймовірність, методи оцінки професійного ризику, небезпечні фактори, засоби захисту.

*В статье рассмотрены основные методы количественной и качественной оценки профессионального риска в строительной отрасли.*

**Ключевые слова:** риск, вероятность, методы оценки профессионального риска, опасные факторы, средства защиты.

*In the article the basic methods of quantitative and qualitative evaluation of occupational risk in the construction field.*

**Key words:** risk, probability, methods of assessment of occupational risk, hazards, remedies.

**Постановка проблемы.** Изучение профессиональных рисков лиц, работающих во вредных условиях труда, стало актуальной задачей охраны труда только во второй половине XX в. Процесс управления рисками должен быть основой для создания здоровых и безопасных условий труда на каждом рабочем месте.

В строительном комплексе риск может являться причиной аварий, несчастных случаев, а также профессиональных заболеваний и наносить материальные убытки. При переходе на рыночные отношения в погоне за прибылью во многих организациях строительного комплекса всех форм собственности в последние годы сложилась устойчивая тенденция роста производственного травматизма с летальным исходом. В Украине за период 2011–2012 года в строительной отрасли травмировано 939 человек, из них 135 – со смертельным исходом [1].

Оценка риска – это тщательное изучение того, что может причинить вред людям в процессе трудовой деятельности. В нашей стране пока нет единой методики оценки профессионального риска. Кроме того, сложность решения задач по оценке профессионального риска обусловлена тем, что у нас ранее не практиковалось использование самого термина «профессиональный риск».

**Анализ литературы.** В начале XX века большой вклад в решение проблем оценки рисков и социальной защиты наемных работников внесли такие исследователи, как Н. Е. Введенский, В. В. Берви-Флеровский, Н. А. Вигдорчик, М. И. Туган-Барановский, Г. В. Хлопин.

Работа В. Д. Ройка [2] посвящена профессиональному риску. Большинство вопросов, в ней затрагиваемых, решаются с позиции экономического анализа.

В диссертационной работе О. А. Измайловой [3] показано, что примененный метод расчета суммарных индексов профессиональных заболеваний позволил ранжировать профессиональные группы по степени опасности риска развития профзаболеваний.

В. А. Бондарев и др. [4] разработали комплекс мероприятий, направленных на снижение профессионального риска для пользователей ЭВМ.

В работе С. П. Левашова [5] представлен аналитический обзор концепций и методов оценки профессиональных рисков в Российской Федерации и за рубежом.

Развитие международной практики в области охраны труда идет по пути предупредительных мер в этой сфере, оценки профессиональных рисков и создания эффективной системы управления ими. Международной Организацией Труда разработано Руководство по системам управления охраной труда [6], в основе которой лежит механизм, обеспечивающий непрерывный цикл улучшения условий труда за счет оценки рисков, планирования и контроля мероприятий по их устранению или снижению.

Анализ литературных источников показывает, что вопросы методологии профессиональных рисков в строительной отрасли недостаточно изучены и обоснованы, поэтому **целью статьи** является анализ методов оценки профессиональ-

ных рисков для снижения уровня производственного травматизма в строительной отрасли.

**Изложение основного материала.** Стремление к конкурентоспособному производству должно мотивировать работодателей на обеспечение безопасных условий труда работников, максимально снижая уровень профессиональных рисков на рабочих местах.

В строительстве наиболее широко распространены причинами увечий, связанных с потерей трудоспособности, являются перенапряжение сил; столкновение с различными предметами; падения с высоты, а также падения при скольжении, спотыкании или передвижении на одном и том же уровне; ручная перевозка грузов, подъем или установка технологических узлов; проблема очистки строительного мусора на рабочих местах, в проходах, в зонах монтажа строительных площадок и т. д. [7].

В основе оценки профессиональных рисков лежат результаты аттестации рабочих мест по условиям труда, а также идентификация опасностей, которая основана на получении высококачественной информации. Информацию можно получить из многих источников, и в целом она делится на две категории: внешние данные, к которым относятся законодательство, инструкции, стандарты и нормативы; и данные, получаемые в ходе непосредственного наблюдения и анализа конкретного рабочего места. Практика убеждает, что достичь абсолютной безопасности нельзя, это позволяет сформулировать центральную аксиому безопасности – аксиому о потенциальной опасности. Определенной методики оценки профессионального риска не существует, поэтому используются различные методы и схемы [8].

Методы оценки рисков разрабатывают на основе наблюдений за условиями труда работника (безопасность оборудования, запыленность и задымленность, температура, освещение, шум и т. д. рабочей зоны); определения рабочих заданий (определить все задания, чтобы убедиться, что они включены в оценку риска); анализа рабочих заданий (оценка рисков, появляющихся в

результате выполнения заданий работниками); наблюдений за происходящей работой (проверка соответствия проводимых работ предусмотренным требованиям, для того чтобы убедиться, не появятся ли какие-либо другие риски); характера труда (оценка возможных опасностей); внешних факторов, влияющих на рабочее место (например, климатические условия для работников, работающих на открытом воздухе); отчета о психологических, социальных и физических факторах, способствующих стрессу на рабочем месте, как они взаимодействуют между собой и с другими факторами организации труда и рабочей среды; условий организации труда (наличие регламентированных перерывов и др.).

Сделанные наблюдения необходимо согласовать с критериями норм гигиены труда и другими нормативными актами в сфере охраны труда, принимая за основу

- а) правовые требования;
- б) действующие стандарты безопасности труда, регламенты, инструкции по охране труда, правила трудового распорядка и т. д.;
- в) принципы иерархии устранения рисков:
  - избежание риска;
  - замещение опасных рисков менее опасными;
  - ликвидация рисков у самых их истоков;
  - внедрение коллективных, индивидуальных средств защиты;
  - применение передовых технологий и инноваций;
  - повышение уровня безопасности технологического процесса и оборудования.

Риски можно оценить количественно и качественно. *Риск R* – количественная характеристика опасности, определяется как отношение количества событий с нежелательными последствиями (*n* – максимальное количество событий в конкретной группе) к максимально возможному их количеству (*N* – максимальное количество всех событий) за конкретный период времени:

$$R = n/N.$$

Начальным этапом количественной оценки является полуколичественная оценка (табл. 1) [9].

Таблица 1.

Полуколичественная оценка риска по 9-балльной системе.

Вероятность, <i>Q</i>	Степень тяжести, <i>p</i>
9 – почти обязательно	9 – смерть
8 – очень возможно	8 – инвалидность 1-й группы
7 – возможно	7 – инвалидность 2-й группы
6 – больше чем случайность	6 – инвалидность 3-й группы
5 – случайность	5 – потеря работоспособности более чем на 4 недели
4 – меньше чем случайность	4 – потеря работоспособности менее чем на 4 недели
3 – маловероятно	3 – потеря работоспособности до 4 дней
2 – очень маловероятно	2 – небольшие ранения
1 – практически невозможно	1 – ранений нет

Математически риск можно выразить формулой:

$$R = Q \times p,$$

где  $Q$  – возможность (вероятность происшествия);

$p$  – последствия, степень тяжести, объём убытков.

Риск можно считать допустимым, если численное значение произведения не превышает 40 баллов [9].

Риск можно охарактеризовать также уравнением, которое содержит существование опасности, возможность избежать риска и степень тяжести риска:

$$R = E \times A \times S,$$

где  $E$  – вероятность, что существуют определённый риск;

$A$  – вероятность, что можно избежать риска;

$S$  – категория, определяющая степень тяжести риска [9].

Количественная оценка риска рабочей среды основывается на математических методах (используются принципы теории вероятности,

алгоритмы, эмпирические коэффициенты, функции, методы анализа, а также различные компьютерные программы).

Опыт показал, что методы количественной оценки трудоёмки. Кроме того, их применение обычно связано с привлечением специалистов из различных областей.

Качественные методы оценки риска используются чаще всего, так как обладают рядом преимуществ по сравнению с численными (или количественными) методами. Самое главное из них – простота. Данные методы легко использовать, они не требуют глубоких знаний и детального анализа материала, соответственно, оценка производится быстро и является финансово выгодной.

Так, например, применяется модель управления рисками, разработанная в Технологическом университете Тампере (Финляндия), которую часто используют, чтобы оценить риски рабочей среды на предприятиях с относительно простыми производственными технологическими процессами (табл. 2 и 3) [9].

Таблица 2.

Матрица оценки рисков.

Частота происшествий	Категория опасности			
	катастрофическая	значительная	допустимая	незначительная
А – часто	1А	2 А	3А	4А
В – возможно	1В	2В	3В	4В
С – редко	1С	2С	3С	4С
Д – маловероятно	1D	2D	3D	4D
Е – невозможно	1Е	2Е	3Е	4Е
Индекс риска	Рекомендуемый критерий			
1А, 1В, 1С, 2А, 2В, 3А	Недопустимый			
1D, 2С, 2D, 3В, 3С	Нежелательный			
1Е, 2Е, 3D, 4А, 4В	Допустимый с документированием			
4С, 4D, 4Е	Допустимый без документирования			

Таблица 3.

Последствия опасностей.

Характеристика	Категория	Определение происшествия
Катастрофическая	1	Смерть или полное разрушение системы.
Значительная	2	Серьезное повреждение, профессиональное заболевание, частичное повреждение системы.
Допустимая	3	Маловажное повреждение, заболевание, травмы средней степени тяжести.
Незначительная	4	Небольшое повреждение (систем, оборудования и т. п.), незначительные травмы.

Оценка профессионального риска также осуществляется с учетом возможной тяжести последствий опасных инцидентов.

Приведенный в табл. 4 классификатор может быть использован для классификации опасных инцидентов, связанных с нарушениями требований охраны труда. Следует определить

нарушения, когда создаются предпосылки для возникновения реальной угрозы жизни работников. Применяемые меры безопасности должны быть адекватны степени риска, возникающего при нарушении требований охраны труда. Чем выше уровень риска, тем жестче должны быть принимаемые меры безопасности [10].

Таблица 4.

**Классификатор нарушений требований охраны труда.**

Класс риска	Характер нарушений требований охраны труда	Возможная тяжесть последствий
1-й Безопасный	Средства защиты и условия допуска работников к работе не соответствуют нормативам.	Профессиональный риск в пределах допустимого.
2-й Опасный	Неприменение предохранительного пояса при отсутствии ограждений. Допуск к работам лиц без медосмотра, обучения, проверки знаний, стажировки.	Имеется угроза жизни для отдельного работника.
3-й Аварийный	Имеются признаки возникновения аварии (обрушения стенок котлована, пожара в здании). Отсутствуют меры по эвакуации работников и предупреждению аварий.	Имеется угроза жизни для нескольких работников.

За рубежом для оценки профессионального риска применяется методика экспертной оценки, позволяющая проводить оценку при минимальных затратах времени и денежных средств [11]. Любая производственная травма на строительном объекте является итогом в последовательной цепи событий, возникающих вследствие нарушения нормативных требований охраны труда работниками при производстве работ в условиях действия опасных и (или) вредных

производственных факторов. Одной из причин несчастных случаев является неприменение средств защиты и мер безопасности, что приводит к возникновению опасной ситуации, связанной с нахождением работника в опасной рабочей зоне. Для каждого типа опасных зон нормативами предусматриваются соответствующие средства защиты и меры безопасности (табл. 5) [12].

Таблица 5.

**Средства и меры безопасности, предотвращающие воздействие опасных производственных факторов (ОПФ) на работников.**

Опасные рабочие зоны	Средства и меры безопасности
Зоны постоянно действующих опасных производственных факторов, в т. ч.:	Применение средств коллективной защиты для предотвращения контакта работника с ОПФ, а также средств индивидуальной защиты (далее – СИЗ) от действия ОПФ; предъявление дополнительных требований к работникам.
• места вблизи токоведущих частей электроустановок;	Ограждение токоведущих частей; нахождение на безопасном расстоянии от токоведущих частей; применение СИЗ; предъявление дополнительных требований к работникам.
• места вблизи от не огражденных перепадов по высоте 1,3 м и более;	Установка ограждений или защитно-улавливающих сеток; использование средств подмащивания; применение предохранительных поясов и страховочных канатов; предъявление дополнительных требований к работникам.
• места, где возможно превышение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.	Вентиляция, герметизация оборудования; применение СИЗ органов дыхания; предъявление дополнительных требований к работникам.
Потенциально опасные зоны, в т. ч.:	Меры и средства по снижению вероятности возникновения ОПФ; информация работников о возможной опасности.
• места, над которыми происходит перемещение грузов кранами;	Средства принудительного ограничения зоны работы крана, защитные экраны, сигнальные ограждения опасной зоны.
• участки, территории вблизи строящегося здания.	Защитные сетки и настилы, сигнальные ограждения опасной зоны.

Для определения степени опасности необходимо оценить вероятность воздействия опасного и (или) вредного производственного фактора на работника и ожидаемую тяжесть последствий от этого события. С учетом того, что эта оценка производится экспертно, принято различать следующие уровни вероятности воздействия опасных производственных факторов на работника:

- низкий – маловероятно, что угроза может

- произойти в ближайшее время;
- средний – угрозы могут произойти в ближайшее время;
- высокий – угрозы могут возникать сейчас.

Как правило, оценка степени риска в каждом конкретном случае делается экспертно на основе проверки наличия или отсутствия факторов опасности. На строительных объектах такими являются опасные условия работ и действия работников, которые могут приводить к

возникновению пожаров, взрывов, обрушению конструкций и опрокидыванию машин, падению работников с высоты и другим опасным инцидентам, когда опасность становится очевидной и распространяется на всех работников, находящихся в зоне риска. Однако в ряде случаев признаки угрозы не имеют явно выраженного объективного характера. Тогда необходимо в каждом конкретном случае прогнозировать, каким образом то или иное нарушение требований охраны труда может привести к производственной травме, что может быть оценено степенью риска.

Тяжесть последствий принято определять также экспертно с учетом нормативной характеристики опасного уровня рассматриваемого производственного фактора, в т. ч.:

- для вредных производственных факторов такой характеристикой являются предельно допустимые концентрации (ПДК) и предельно допустимые уровни (ПДУ) опасного воздействия, которые установлены нормативно и определяются посредством инструментальных замеров;
- при работе на высоте – величина перепада по высоте;
- при опасности поражением электротоком –

сила тока.

С учетом качественной характеристики уровня опасного воздействия принято определять следующие уровни тяжести:

- умеренный – травмы и заболевания не ведут к затяжному расстройству (недомоганию);
- достаточно серьезный – травмы и заболевания могут привести к затяжному или периодическому заболеванию;
- крайне тяжелый – травмы и заболевания могут привести к инвалидности или летальному исходу одного или нескольких работников.

Чтобы подкрепить количественными оценками качественную градацию степени профессионального риска, применяется балльная оценка параметров профессионального риска. В качестве примера можно привести метод Файн-Кинни [11], по которому степень профессионального риска определяется как произведение трех составляющих: подверженность, вероятность и последствия. Произведение указанных составляющих позволяет определить индекс профессионального риска. При этом срочность проведения мероприятий по профилактике профессионального риска определяется в зависимости от категории и индекса профессионального риска (табл. 6).

Таблица 6.

Определение срочности мероприятий по профилактике профессионального риска.

Категория риска	Индекс риска	Срочность мероприятий
Малый – 1	0–20	Меры не требуются, но уязвимые лица нуждаются в дополнительной защите*.
Умеренный – 2	20–70	Требуются меры по снижению степени риска.
Существенный – 3	70–200	Требуются меры по снижению степени риска в установленные сроки.
Высокий – 4	200–4000	Требуются неотложные меры по снижению степени риска.
Крайне высокий – 5	> 4000	Требуется прекращение деятельности.

**Выводы.** При оценке профессионального риска используются результаты аттестации рабочих мест по условиям труда, идентификация опасностей, а также различные методы, в том числе количественные, полуколичественные, качественные и т. д. При оценке риска и устранении его последствий, а также проведении корректирующих мероприятий важно, чтобы при оптимизации существующих рисков не создавались новые. Применяемые меры безопасности должны быть адекватны степени риска.

Учитывая, что оценка профессионального риска является наиболее важным звеном системы управления охраной труда в строительстве, внедрение соответствующих методик будет иметь первостепенное значение для структурных подразделений в строительной отрасли, стремящихся к конкурентоспособности и снижению производственного травматизма до

уровня передовых развитых стран.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Оперативные данные о состоянии производственного травматизма за 2011–2012 год // Охрана труда. – 2013. – № 2. – С. 7.
2. Ройк В. Д. Профессиональный риск: оценка и управление / В. Д. Ройк. – М. : АНКИЛ, 2004. – 224 с.
3. Измайлова О. А. Системный подход к управлению профессиональным риском при воздействии комплекса физических факторов производственной среды : дис. ... докт. мед. наук : спец. 14.00.50 / Оксана Анатольевна Измайлова. – Мытищи, 2006. – 298 с.
4. Бондарев В. А. Факторы риска для профессиональных пользователей ЭВМ / В. А. Бондарев, Т. В. Сарафанова, С. Н. Быкова // Материалы X Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей : [в 2-х кн]. – Кн. 2. – М., 2007. – С. 1017–1020.

5. Левашов С. П. Оценка профессиональных рисков в РФ и за рубежом / С. П. Левашов // Проблемы анализа риска. – 2012. – Т. 9, № 6. – С. 54–66.
6. Руководство по системам управления охраной труда. МОТ-СУОТ 2001 / ILO-OSH 2001. – Женева : МОТ, 2003. – 28 с.
7. Охрана труда в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.helper.by/index.php/stb-18001-ohsas-18001/table/...> – Загл. с экрана.
8. Калькис В. Основные направления оценки рисков рабочей среды : учебное пособие / В. Калькис, И. Кристиньш, Ж. Роя. – Рига, 2005. – 76 с.
9. Шаброва Е. С. Процесс управления рисками в области охраны труда / Е. С. Шаброва, Д. В. Шабров // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – № 2(20). – С. 19–22.
10. Рекомендации по разработке локальных нормативных актов (стандартов предприятий), применяемых в системе управления охраной труда в строительной организации. МДС 12-16.2003 / Госстрой России, ФГУ ЦОТС Госстроя России. – М. : ГУП ЦПП, 2003.
11. Зарубежный опыт: экспертная оценка рисков по методу Файн-Кинни [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.government-nnov.ru/id=84477>.
12. Алексеев В. А. Нормативные основы оценки факторов профессионального риска на строительных объектах / В. А. Алексеев // Охрана труда и техника безопасности в строительстве. – 2009. – № 4. – С. 9–13.

УДК 502.12:621.311.22:697.34

Бекиров Э. А., Абибуллаев А. Н.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЭС. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ И ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ САКСКОЙ ТЭС)

*У статті досліджені екологічні аспекти діяльності ТЕС. Розглянуто питання, пов'язані з впливом ТЕС на навколишнє природне середовище, проведено розрахунок викидів забруднюючих речовин та їх гранично допустимі значення.*

**Ключові слова:** екологія, викиди забруднюючих речовин, теплові електростанції, рівень забруднень.

*В статье исследованы экологические аспекты деятельности ТЭС. Рассмотрены вопросы, связанные с воздействием ТЭС на окружающую природную среду, произведен расчет выбросов загрязняющих веществ и их предельно допустимые значения.*

**Ключевые слова:** экология, выбросы загрязняющих веществ, тепловые электростанции, уровень загрязнений.

*The article studies environmental aspects of thermal power plants (TPP). The issues related to the impact of TPP on the environment have been considered; the emissions of pollutants and their maximum allowable concentration have been calculated.*

**Key words:** ecology, emissions of pollutants, thermal power plants, the level of contamination.

**Постановка проблемы.** Среди многообразия загрязнителей, поступающих в воздушный бассейн в результате работы теплоэлектростанций (ТЭС), наиболее распространенными являются твердые частицы, диоксид серы, оксиды азота и угарный газ. Количество и соответствующая структура выбросов зависят от вида топлива и типа котла.

Все выбросы ТЭС являются токсическими веществами, негативно воздействующими на организм человека. Полициклические ароматические углеводороды обладают мощным канцерогенным действием. Содержащиеся в выбросах тяжелые металлы и микроэлементы могут накапливаться в различных органах человека или, сосредотачиваясь в почвах, сельскохозяйственных растениях, попадать с продуктами питания в организм человека. Массовые выбросы (оксиды азота, серы, углерода и твердые веще-

ства) воздействуют прежде всего на органы дыхания. Повышение уровня шума влияет на сердечнососудистую и нервную систему, вызывая стрессовые состояния. Существует высокая вероятность получения онкологического заболевания от воздействия канцерогенных веществ.

**Анализ литературы.** Прогнозируемые объемы производства и потребления энергоресурсов в Крымском регионе, являющихся важной составляющей для успешного развития экономики, детально рассматриваются в литературе [1; 3]. Проблема выброса в атмосферу загрязняющих веществ, губительно действующих на окружающую среду и человека при производстве электроэнергии и тепла на ТЭС с использованием традиционных источников энергии, затрагивается в [2; 4]. Методика определения выбросов в атмосферу на законодательном уровне утверждена и подробно описана в [5].

**Цель статьи** – рассчитать выбросы Сакской ТЭС и оценить воздействие выбросов на экологическую безопасность г. Саки и Сакского района АРК.

**Изложение основного материала.** В настоящее время в структуре централизованного теплоснабжения наибольший удельный вес имеют котельные установки – 62%, доля тепловых электростанций составляет 33%, утилизационных установок – 4,8%, остальная выработка тепла (0,2%) осуществляется прочими установками. Тепловая мощность теплоэлектроцентралей составляет 132,8 тыс. ГДж/ч, котельных – 708,9 тыс. ГДж/ч. Анализ показывает, что в структуре мощностей ТЭЦ Украины около 40% составляет энергетическое оборудование, рассчитанное на низкие и средние параметры пара (4 и 9 МПа), которое физически устарело и находится в критическом состоянии. Здесь, прежде всего, стоит задача вывода этого оборудования из эксплуатации и перевода ТЭЦ в режим работы котельных. Количество централизованных котельных мощностью более 84 ГДж/ч составляет 2780, при этом средняя мощность одной котельной – 255 ГДж/ч.

Согласно статистике [1], потери тепла при централизованном теплоснабжении составляют выше 17% общего количества тепловой энергии, передаваемой потребителям. Главными производителями электроэнергии в АРК являются тепловые электростанции. Все работают на газе, в режиме производства электроэнергии и тепла, т. е. являются теплоэлектроцентрали. Суммарная мощность всех электростанций Крыма составляет 374,5 МВт. Мощность Симферопольской ТЭЦ составляет 278 МВт, Севастопольской – 54,5 МВт, Камыш-Бурунской – 30 МВт и

Сакской – 12 МВт. На каждого жителя Крыма приходится около 3 тыс. кВт·час электроэнергии в год. Крым находится в сильной зависимости от импорта энергии, объемы которого составляют около 90% от потребления. Таким образом, значительные объемы выбросов, в частности, свойственные предприятиям по производству электроэнергии, происходят в настоящее время вне данного региона.

Поскольку Крым предполагает увеличить объемы производства энергии на собственных мощностях, это неизбежно приведет к повышению уровня загрязнения окружающей среды, даже при условии установки самого эффективного оборудования и очистных сооружений.

На долю сектора энергетики приходится 15% от общего объема атмосферных выбросов от стационарных производственных мощностей в Крыму, что ставит данный сектор на третье место по загрязнению окружающей среды после металлургии (41%) и химической промышленности (21%). Выброс дымовых газов в атмосферу происходит в результате процесса сжигания, а уровень содержания в них вредных веществ зависит от типа топлива и регулирования процесса сжигания. Наиболее значительными объемами атмосферных выбросов являются выбросы CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> и твердых частиц.

Углекислый газ (CO<sub>2</sub>) является одним из основных химических соединений, приводящих к формированию парникового эффекта, в результате которого происходит глобальное потепление и изменение климата. Количество выделяемого CO<sub>2</sub> зависит от уровня содержания углерода в топливе и количества используемого топлива. Значения CO<sub>2</sub> при сжигании различных видов топлива приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Выбросы CO<sub>2</sub> по типам топлива.

Топливо	Содержание углерода в топливе, %	Отношение CO <sub>2</sub> (г) к количеству топлива (г), T <sub>CO<sub>2</sub></sub> /T <sub>топл</sub>	Отношение CO <sub>2</sub> (г) к величине полезной тепловой энергии (МДж), G <sub>CO<sub>2</sub></sub> /МДж	Отношение CO <sub>2</sub> (г) к величине полезной электроэнергии (кВт·ч), G <sub>CO<sub>2</sub></sub> /кВт·ч
Уголь (используемый в Крыму)	87	3,2	98	351
Мазут	86	3,1	77	276
Дизельное топливо	86	3,1	75	269
Природный газ	73	2,8	52	186

Сокращение объемов выбросов CO<sub>2</sub> может быть достигнуто лишь путем уменьшения объемов сжигаемого топлива. Любой технологический процесс, предусматривающий сжигание меньших объемов топлива, позволяет сократить вредные выбросы. В процессе сжигания содержащаяся в топливе сера образует двуокись серы SO<sub>2</sub>. Из одного килограмма содержащейся в

топливе серы образуется 2 кг SO<sub>2</sub> в дымовых газах при условии, что высвобождается вся сера. Практически 90% содержащейся в топливе серы вступает в реакцию с образованием SO<sub>2</sub> при условии, если не используются установки для снижения уровня загрязнения.

В табл. 2 приведены коэффициенты SO<sub>2</sub> при сжигании различных видов топлива. Выбросы

двуокиси серы в атмосферу приводят к аэролизации сульфатов, которые выпадают в виде кис-

лотных осадков на достаточном удалении от места образования.

Таблица 2.

Выбросы SO<sub>2</sub> по типам топлива.

Топливо	Содержание серы в топливе, %	Отношение SO <sub>2</sub> (г) к величине полезной тепловой энергии (МДж), Г <sub>SO<sub>2</sub></sub> /МДж	Отношение SO <sub>2</sub> (г) к величине полезной электроэнергии (кВт·ч), Г <sub>SO<sub>2</sub></sub> /кВт·ч
Уголь (используемый в Крыму)	2,0	1,71	6,17
Мазут	3,5	1,62	5,82
Дизельное топливо	0,5	0,21	0,75
Природный газ	–	–	–

Неполное сгорание топлива приводит к образованию монооксида углерода. Образуемые объемы незначительны, как правило, это миллионные доли его содержания в дымовых газах, и являются результатом низкоэффективного контроля процесса горения. СО токсичен и приводит к возникновению проблем смога и различного рода респираторных заболеваний.

При высоких температурах кислород O<sub>2</sub> вступает в реакцию с азотом N и образует окись азота NO и двуокись азота NO<sub>2</sub>. Уровень образования окислов азота зависит от типа используемого топлива, а также технологии процесса сжигания, а именно: температуры, времени пребывания в камере сжигания. В среднем образуется около 90% NO и менее 10% NO<sub>2</sub>. Выброс

данных газов в атмосферу, в особенности NO<sub>2</sub>, приводит к нарушению озонового слоя в верхних слоях атмосферы и образованию смога в нижних слоях. Выбросы NO<sub>2</sub> приводят к возникновению респираторных проблем, а химические реакции в атмосфере образуют азотную кислоту HNO<sub>3</sub>, которая выпадает на землю в виде кислотных дождей. Характерные коэффициенты окислов азота, образуемых при сжигании различных видов топлива, представлены в табл. 3. Они получены на основе замеров, проводившихся в различных странах. Данные показатели являются приблизительными, поскольку образование окислов азота зависит не только от типа топлива, но и от специфики технологии его сжигания.

Таблица 3.

Выбросы NO<sub>2</sub> по типам топлива.

Топливо	Отношение NO <sub>2</sub> (г) к величине полезной тепловой энергии (МДж), Г <sub>NO<sub>2</sub></sub> /МДж	Отношение NO <sub>2</sub> (г) к величине полезной электроэнергии (кВт·ч), Г <sub>NO<sub>2</sub></sub> /кВт·ч
Уголь (используемый в Крыму)	0,18	0,66
Мазут	0,32	1,14
Дизельное топливо	0,32	1,14
Природный газ	0,06	0,23

Твердые частицы образуются в процессе сжигания при неполном сгорании угля или в случае содержания инертных материалов в топливе. Выброс твердых частиц несет в себе потенциальную опасность загрязнения окружающей среды, если это частицы токсичных или коррозионных материалов. Твердые частицы, диаметр которых менее 10 микрон, способны беспрепятственно проникать в дыхательную систему и легкие человека. Таким образом, ток-

сичные и канцерогенные вещества непосредственно попадают в организм человека и могут вызывать раковые заболевания. Находящийся в воздухе дым оказывает также негативное влияние на органы зрения.

В табл. 4 представлены характерные показатели выбросов твердых частиц по типам топлива: наибольшие объемы выбросов твердых частиц приходятся на тепловые электростанции, работающие на угле.

Таблица 4.

Выбросы твердых частиц по типам топлива.

Топливо	Отношение твердых частиц (г) к величине полезной тепловой энергии (МДж), г/МДж	Отношение твердых частиц (г) к величине полезной электроэнергии (кВт·ч), г/кВт·ч
Уголь (используемый в Крыму)	2,93	10,4
Мазут	0,1	0,36



Дизельное топливо	0,044	0,16
Природный газ	0,0032	0,01

Теплоэлектростанции Крыма, на которых осуществляется комбинированное производство тепловой и электрической энергии, оптимально спроектированные и обслуживаемые на требуемом техническом уровне, могут эксплуатироваться при среднем КПД, равном 80%. При таком уровне эффективности количество продуктов сгорания на единицу вырабатываемой тепловой энергии на 20–30% ниже, чем при производстве такого же объема тепловой и электрической энергии, вырабатываемого на электростанции на традиционном топливе и отопительной котельной. В результате использования природ-

ного газа значительно сокращается выброс вредных веществ в окружающую среду [2].

Одной из основных причин увеличения объемов выбросов CO<sub>2</sub> при использовании традиционных видов топлива является прирост выработки электроэнергии в Крыму.

При использовании традиционных видов топлива к 2015 г. новые электрогенерирующие мощности будут загрязнять атмосферу 3500 тыс. тонн CO<sub>2</sub>, что может составлять 25–30% от общего объема выбросов CO<sub>2</sub> в регионе.

Воздействие ТЭС на природную среду можно показать в виде схемы [3] (рис. 1).

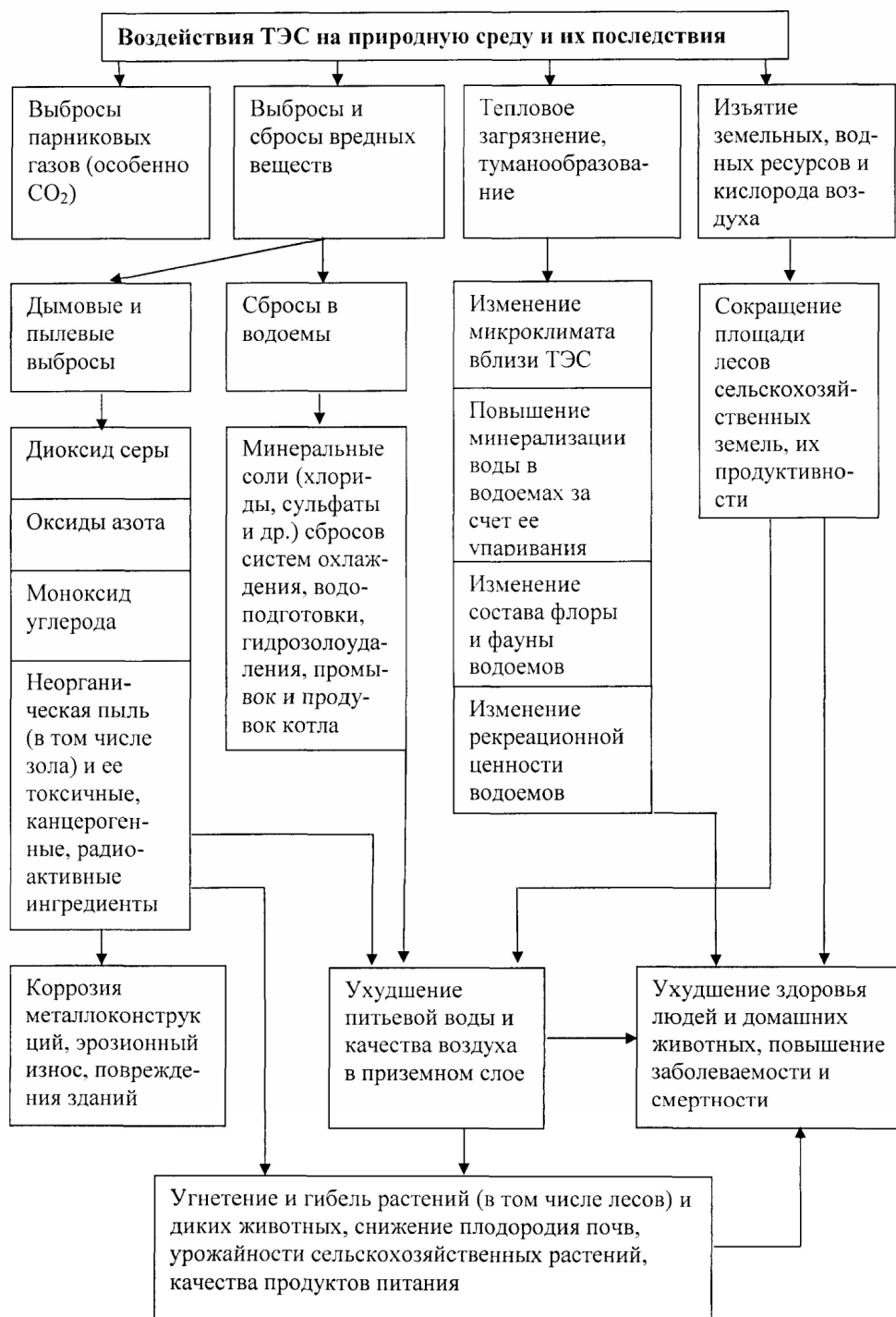


Рис. 1. Блок-схема воздействия ТЭС на природную среду.

Качество окружающего нас воздуха влияет на здоровье людей, развитие животных и растений, на состояние зданий и сооружений. Основными загрязнителями атмосферы при работе тепловых электростанций являются образующиеся при сжигании топлива оксиды азота, серы и летучая зола. Эти вещества рассеиваются в атмосфере и претерпевают в ней химические превращения. Их негативное действие носит локальный, иногда региональный характер. Выбросы золы,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , а также в разной степени токсичных продуктов неполного сгорания регламентируются действующими в стране стан-

дартами. Атмосферу могут загрязнять также летучие вещества, выделяющиеся при хранении угля на открытых складах, выпары мазутных баков, унос из градирен тяжелых металлов и микроэлементов.

Сжигание органического топлива, содержащего углерод, связано с образованием  $\text{CO}_2$ . Его накопление в атмосфере вызывает опасения насчет глобального изменения климата.

Природный газ, не содержащий золы, соединений серы и азота, является экологически наиболее чистым топливом.

Для предотвращения выбросов вредных ве-

ществ в атмосферу необходимо выводить из эксплуатации существующие в Крыму ТЭЦ [4] или переводить их на природный газ. Экономически неоправданно осуществлять крупные капиталовложения в соответствующее оборудование для очистки дымовых газов.

В результате исследований установлено, что вклад тепловой электроцентрали в загрязнение атмосферного воздуха колеблется от 9,7 до 59%.

Сакская ТЭС является энергоисточником, участвующим в обеспечении тепловых нагрузок г. Саки. Установленная электрическая мощность ТЭЦ Сакских тепловых сетей несколько лет назад составляла 12 МВт, тепловая – 153 МВт.

Источниками выделения вредных веществ являются котлы, сварочные аппараты, резервуары. Основными загрязняющими веществами являются оксид углерода, ртуть, диоксид азота, метан, оксид железа, марганец и его соединения, кислота серная, углеводороды.

Эксплуатация парогазовой установки мощностью 20 МВт позволила увеличить электрическую мощность до 26 МВт и уменьшить объем выбросов загрязняющих веществ в окружающую

среду.

Согласно санитарным нормам, суммарный уровень загрязнения (предельное загрязнение – ПЗ) и степень опасности определяются по формуле

$$\sum \dot{I}_{\zeta} = \frac{\tilde{N}_1}{\dot{I}\ddot{A}\ddot{E}_1} + \frac{\tilde{N}_2}{\dot{I}\ddot{A}\ddot{E}_2} + \dots + \frac{\tilde{N}_n}{\dot{I}\ddot{A}\ddot{E}_n},$$

где  $C_1, C_n$  – значения концентрации загрязняющих веществ, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК<sub>1</sub> ... ПДК<sub>n</sub> – значения предельно допустимых концентраций, мг/м<sup>3</sup>.

Рассмотрим работу газотурбинной установки (ГТУ). Источником образования выбросов загрязняющих веществ в атмосферу является ГТУ, в атмосферу от которой выбрасываются оксиды азота и углерода, метан и ртуть. Выброс в атмосферу производится через дымовую трубу высотой 30 м и диаметром 3 м. Топливом служит природный газ. Расчеты валовых выбросов загрязняющих веществ, выполненные по утвержденной методике, определяют выбросы не только загрязняющих веществ, но и парниковых газов (табл. 5).

Таблица 5.

Величины ПДК, класс опасности и валовые выбросы веществ Сакской ТЭС.

Наименование веществ	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Валовые выбросы	
			г/с	т/год
Оксиды азота	0,085	2	3,745	99,2
Оксиды углерода	5,0	4	0,74	19,6
Закись азота	–	–	0,123	3,27
Метан	50	ОБУВ	0,049	1,3
Ртуть	0,0003	1	0,0000049	0,00019
Суммарное значение загрязняющих веществ			4,657	123,37
Диоксид углерода			755	20001
Суммарное значение парниковых газов			755	20001

При работе ГТУ в атмосферу будут дополнительно выбрасываться 3 т/год загрязняющих веществ. При этом максимальные приземные концентрации совместно с фоновыми не превысят 0,8 ед. ПДК, то есть будут ниже величин, требуемых санитарными нормами для зон отдыха. Сброс неочищенных сточных вод в водоемы отсутствует. Отходы частично утилизируются, частично подлежат захоронению. Допустимый уровень шумового воздействия ГТУ на окружающую среду не превышен. Электромагнитные и ионизирующие излучения отсутствуют.

Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ от ГТУ-20 Сакской ТЭС выполнен согласно утвержденной методике [5].

При работе ГТУ на природном газе, имеющей такие данные:

- газотурбинная установка ГТЭ-15С,
- расход топлива  $Q_r = 5,3 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>/ч,

- годовой расход топлива  $Q_r = 39000 \cdot 10^3$  м<sup>3</sup>/год,
- нижняя рабочая теплота сгорания природного газа  $Q_i = 35,52$  МДж/м<sup>3</sup>,

в атмосферу выбрасываются следующие загрязняющие вещества и парниковые газы: оксиды азота, оксид углерода, углекислый газ, закись азота, ртуть, метан.

1. *Валовые выбросы оксидов азота.* Согласно техническим условиям, количество оксидов азота при работе ГТУ в дымовых газах не должно превышать 50 мг/м<sup>3</sup>. Выбросы оксидов азота составят при выходе дымовых газов 74,9 м<sup>3</sup>/с:

$$E_{NO} = 74,9 \text{ м}^3/\text{с}; Q_{NO} = 50 \text{ мг}/\text{м}^3 = 0,05 \text{ г}/\text{м}^3;$$

в секунду

$$E_{пк} = E_{NO} \cdot Q_{NO} = 74,9 \cdot 0,05 = 3,745 \text{ г}/\text{с};$$

в год

$$\dot{A}_{\text{гв}} = \frac{\dot{A}_{NO} \cdot Q_{NO} \cdot Q_a}{Q_o} = \frac{3,745 \cdot 3600 \cdot 39000}{5,3 \cdot 10^6} = 99,2 \text{ т}/\text{год}.$$

2. Выбросы оксида углерода:

$$E_{CO} = 10^{-6} \cdot K_{CO} \cdot Q_r \cdot Q_i,$$

где  $K_{CO}$  – показатель эмиссии CO,  $K_{CO} = 15$  г/ГДж;

$Q_r$  – расход топлива;

$Q_i$  – нижняя рабочая теплота сгорания природного газа.

Годовые выбросы CO:

$$E_{пк} = 10^{-6} \cdot 15 \cdot 39000 \cdot 33,52 = 19,61 \text{ т/год.}$$

Секундные выбросы CO:

$$\dot{A}_{ie} = \frac{15 \cdot 5,3 \cdot 33,52}{3600} = 0,74 \text{ г/с.}$$

3. Выбросы диоксида углерода рассчитываем аналогично

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \cdot K_{CO_2} \cdot Q_r \cdot Q_i,$$

где  $K_{CO_2} = 15300$  г/ГДж.

Годовые выбросы CO<sub>2</sub>:

$$E_{пк} = 10^{-6} \cdot 15300 \cdot 39000 \cdot 33,52 = 20001 \text{ т/год.}$$

Секундные выбросы:

$$\dot{A}_{ie} = \frac{15300 \cdot 5,3 \cdot 33,52}{3600} = 755 \text{ г/с.}$$

4. Выбросы закиси азота

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \cdot K_{N_2O} \cdot Q_r \cdot Q_i,$$

где  $K_{N_2O} = 2,5$  г/ГДж.

Годовые выбросы N<sub>2</sub>O:

$$E_{пк} = 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 39000 \cdot 33,52 = 3,24 \text{ т/год.}$$

Секундные выбросы:

$$\dot{A}_{ie} = \frac{2,5 \cdot 5,3 \cdot 33,52}{3600} = 0,123 \text{ г/с.}$$

5. Выбросы с одержанием ртути

$$E_{Hg} = 10^{-6} \cdot K_{Hg} \cdot Q_r \cdot Q_i,$$

где  $K_{Hg} = 0,0001$  г/ГДж.

Годовые выбросы Hg:

$$E_{пк} = 10^{-6} \cdot 0,0001 \cdot 39000 \cdot 33,52 = 0,00013 \text{ т/год.}$$

Секундные выбросы:

$$\dot{A}_{ie} = \frac{0,0001 \cdot 5,3 \cdot 33,52}{3600} = 0,0000049 \text{ г/с.}$$

6. Выбросы метана

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \cdot K_{CH_4} \cdot Q_r \cdot Q_i,$$

где  $K_{CH_4} = 1$  г/ГДж.

Годовые выбросы CH<sub>4</sub>:

$$E_{пк} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 39000 \cdot 33,52 = 1,3 \text{ т/год.}$$

Секундные выбросы:

$$\dot{A}_{ie} = \frac{1 \cdot 5,3 \cdot 33,52}{3600} = 0,049 \text{ г/с.}$$

Расчетные данные сведены в табл. 6.

Таблица 6.

Расчетные значения выбросов веществ Сакской ТЭС.

Выбросы	Секундные, г/с	Годовые, т/год	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Оксид азота	3,745	99,2	0,085
Оксид углерода	0,74	19,6	5,0
Диоксид углерода	755	20001	
Закись азота	0,123	3,24	0,085
Ртуть	0,0000049	0,00013	0,0003
Метан	0,049	1,3	50
Диоксид азота		27,872	
Кислота серная		0,00216	
Итого загрязняющих веществ	4,657	123,37	

Состояние атмосферы в районе размещения ТЭС обуславливается выбросами ТЭС, автотранспорта и существующих предприятий города Саки. Для оценки влияния на окружающую среду работы ГТУ расчеты рассеивания загрязняющих веществ выполнены по программе «ЭОЛ+», действие которой в Украине согласовано с Министерством экологической безопасности Украины.

Из табл. 6 видно, что по всем веществам, кроме оксида углерода и метана, максимальные приземные концентрации совместно с фоновыми ниже 0,8 ПДК, то есть они удовлетворяют санитарным требованиям зон отдыха.

**Вывод.** При работе ТЭС загрязнение атмосферного воздуха колеблется от 9,7 до 50%. Введение ГТУ на природном газе значительно уменьшает загрязнение, но содержание оксида углерода и метана превышают допустимые са-

нитарные нормы. Концентрация остальных веществ совместно с фоновыми ниже 0,8 ПДК, что удовлетворяет санитарным нормам в зоне отдыха г. Саки. Детальный расчет выбросов на примере Сакской ТЭС подтверждает необходимость перевода существующих в Крыму ТЭС в режим работы газотурбинных установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический сборник «Топливо-энергетические ресурсы за 2008–2010 гг. АР Крым» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://govuadocs.com.ua/docs/index-20825870-1.html?page=8>.
2. ДСТУ-НБВ.11-27.2001 «Строительная климатология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dwg.ru/dnl/10758>.
3. Бекиров Э. А. Увеличение энергетического потенциала Крыма при использовании возобновляемых источников энергии / Э. А. Бекиров, Ю. Калачик // Строительство и техногенная безопас-

- ность : сборник научных трудов. – 2011. – № 40. – С. 115–123.
4. Бекиров Э. А. Оптимизация режимов распределения нагрузки в совмещенной системе с возобновляемыми источниками энергии / Э. А. Бекиров, К. Стрижаков // Motrol. – Люблин–Симферополь, 2012. – № 1. – С. 149–153.
5. Викиди забруднюючих речовин у атмосферу від енергетичних установок : ГКД 34.02.305-2002 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sop.org.ua/library/library.php>.