

Пути снижения воздействия деятельности Алматинской теплоэлектроцентрали-2 на экологическую обстановку города Алматы

¹ЖАНДАУЛЕТОВА Фариды Рустембековна, к.т.н., профессор, Farida.Zhandauletova@kaznau.kz,

^{1*}БЕГИМБЕТОВА Айнура Серикбаевна, PhD, доцент, a.begimbetova@aes.kz,

¹АБИКЕНОВА Асель Амангельдиевна, к.т.н., доцент, зав. кафедрой, a.abikenova@aes.kz,

¹САФРОНОВА Фариза Павловна, магистрант, f.safronova@aes.kz,

¹Алматинский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева, Казахстан, 050013, Алматы, ул. А. Байтурсынова, 126/1,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью исследования является изучение степени воздействия деятельности Алматинской теплоэлектроцентрали-2 (ТЭЦ) при ее расширении с помощью парогазовых установок. Данная теплоэлектроцентраль является одним из крупных генераторов тепла, включая потребителей Западного, Восточного и Центрального районов города Алматы. Выявленное в результате анализа проб воздушного бассейна значительное превышение концентраций таких вредных веществ, как взвешенные вещества, диоксид серы, диоксид азота, формальдегид, указывает на острую необходимость перехода на более экологичный вид топлива. В статье рассмотрены два варианта снижения парниковых выбросов в окружающую среду от Алматинской теплоэлектроцентрали-2, которые включают в себя: увеличение тепловой эффективности, замену оборудования, установку газоочистных аппаратов и внедрение системы контроля за количеством выбросов в автоматическом режиме. Один из вариантов заключается в строительстве новой станции с основным и резервным топливом – природным газом, что требует установки паротурбинных установок и котлов. Другой вариант реконструкции ТЭЦ предусматривает установку эффективного газоочистного оборудования с целью снижения выбросов диоксидов серы и азота в воздушный бассейн и доведение значений их параметров до стандартов Евросоюза. Показано, что применение паротурбинных установок и паровых котлов при переходе на газовое топливо является более эффективным вариантом по снижению негативного воздействия деятельности ТЭЦ-2 на окружающую среду. Также при реализации данного варианта показатель эффективности использования топлива соответствует европейским критериям для энергоустановок на газе, работающих по принципу когенерации.

Ключевые слова: оценка воздействия, загрязнение атмосферы, теплоэлектроцентраль, мониторинг загрязнения, выбросы вредных веществ.

Введение. Атмосферный воздух в обеспечении жизнедеятельности человека играет огромную роль. Антропогенное воздействие наносит огромный и невосполнимый ущерб воздушному бассейну, что является причиной ухудшения состояния растительного, животного мира и развития заболеваний у людей.

Как известно, энергетика является ключевой отраслью как для экономики государства, так и в качестве основного источника вредных выбросов во внешнюю среду. «Энергетическое производство, потребляя в значительных объемах органическое топливо, является одним из основных загрязнителей окружающей жизненной среды» [1].

Основные компоненты, выбрасываемые в атмосферу при сжигании различных видов топлива, – нетоксичные углекислый газ и водяной пар.

Кроме этого, в воздушную среду выбрасываются такие вредные вещества, как оксиды серы, азота, углерода, в частности угарный газ, соединения тяжёлых металлов, таких как свинец, сажа, углеводороды, несгоревшие частицы твёрдого топлива, канцерогенный бенз(а)пирен [2].

Зачастую экологическую нагрузку энергетических объектов на окружающую среду удается снизить переводом станций на сжигание более экологически чистого топлива или совместного сжигания топлива.

На сегодняшний день стоят задачи оценки экологической опасности загрязнения атмосферы города выбросами токсичных веществ автомобильного транспорта, что связано с ростом численности легковых и грузовых автомобилей, объективными трудностями в обеспечении эф-

фективного трафика по магистралям города, автомобильным «пробкам», а также ТЭЦ [1]. Поэтому возникает необходимость изучения последствий хронического воздействия выбросов загрязняющих веществ на природные популяции, особой опасности для здоровья населения.

Методы и объекты исследования. Для исследования выбрана территория Алматинской ТЭЦ-2, на которой были проведены экологические исследования и анализ воздействия при расширении теплоэлектростанции парогазовыми установками [3].

Мониторинг состояния атмосферного воздуха на территории города проводится городскими службами, а также были проведены дополнительные исследования по качеству воздушного бассейна непосредственно кафедрой «Инженерная экология и безопасность труда» Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева.

Если говорить о системе мониторинга атмосферного воздуха, то в крупных промышленных городах нашей республики наблюдения проводятся в 49 населенных пунктах, что составляет 146 постов наблюдений, где проводится отбор проб для дальнейшего анализа (рисунки 1, 2) [2].

Мониторинг загрязнения атмосферы производится ДПП «Центр гидрометеорологического мониторинга г. Алматы РГП «Казгидромет – Алматы» на 16 пунктах в черте города. Измеряются концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, фенола и формальдегида. Степень загрязнения атмосферного воздуха примесью оценивается при сравнении концентраций примесей (в $\text{мг}/\text{м}^3$, $\text{мкг}/\text{м}^3$) с ПДК.

При изучении загрязнения атмосферного воздуха определяются 34 загрязняющих вещества, такие как взвешенные вещества, взвешенные частицы РМ-2,5, взвешенные частицы РМ-10, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, оксид углерода, диоксид углерод, серная кислота, растворимые сульфаты, фтористый водород, хлор, хлористый водород, неорганические соединения мышьяка, аммиак, сероводород, озон, фенол,

формальдегид, бензол, этилбензол, бензин, бенз(а)пирен, сумма углеводородов, метан, кадмий, медь, мышьяк, свинец, хром, марганец, кобальт, цинк, бериллий [3].

В результате можно отметить, что текущий уровень мониторинга загрязнения атмосферного воздуха не является достаточным для отражения фактической ситуации по уровню и источникам загрязнения атмосферы в городе Алматы.

Алматинская ТЭЦ-2 входит в самую крупную зону централизованного теплоснабжения г. Алматы и обеспечивает теплом потребителей Западного, Выставочного и Центрального тепловых районов города. ТЭЦ-2 обеспечивает более 45% суммарной тепловой нагрузки в зоне теплофикации АО «АлЭС» и выдает электроэнергию в объединенную энергосистему.

По данным Управления природных ресурсов и регулирования природопользования г. Алматы, общие выбросы по городу за 2017 год составили 285 тыс. тонн, из них на долю объектов АО «АлЭС» приходится 11% выбросов, а основным источником загрязнения является автотранспорт [4]. По данным РГП «Казгидромет» Министерства энергетики Республики Казахстан, состояние атмосферного воздуха характеризуется следующими показателями (таблицы 1-3) [2].

Расположение города Алматы, с его природно-климатическими условиями и расположением во впадине, приводит к тому, что бывают частые туманы и образовывается высокая приземная инверсия температуры, замедленное рассеивание по всей местности, что заметно выделяется зимой и сохраняется долгое время. Вышеперечисленные факторы в свою очередь приводят к скапливанию выхлопных газов автомобилей и вышеперечисленных загрязнений в приземном слое, концентрации дымовых газов котельных, ТЭЦ, промышленных предприятий и прилегающего частного сектора и др. объектов, что показано в таблице 4.

ТЭЦ-2 построена еще в 1981-1990 гг. в два этапа. Проблемами ТЭЦ-2 на данный момент можно отметить расход большого количества топлива; устаревшее оборудование, а главное, загрязнение города и отсутствие утилизации золы и прочих

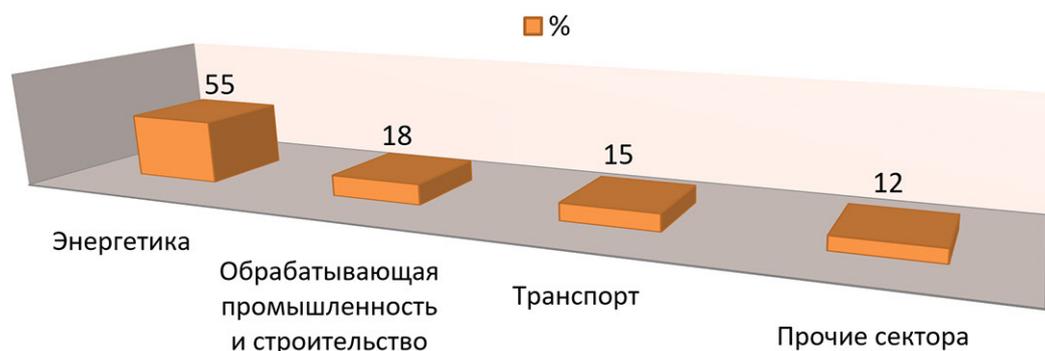


Рисунок 1 – Доля основных подкатегорий в общих выбросах парниковых газов и других вредных веществ



Рисунок 2 – Контроль воздушного бассейна в г. Алматы

Таблица 1 – Данные по состоянию загрязнений атмосферы по г. Алматы [7]

Город и год	ИЗА – индекс загрязнения атмосферы	Загрязнения, больше чем ПДК	Средняя концентрация		Максимальная концентрация		Повтор концентраций загрязнений выше ПДК, %
			мг/м ³	кратность превышения ПДК	мг/м ³	кратность превышения ПДК	
Алматы в 2018 году	6	Взвешенные вещества	0,1712	1,05	0,69	1,3	2,4
		SO ₂	0,84	0,3	21	4,1	0,15
		NO ₂	0,071	1,7	0,52	2,4	0,82
		Формальдегид	0,0121	1,2	0,047	0,97	-

Таблица 2 – Качество атмосферного воздуха в г. Алматы

	Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА ₅)				
	2013	2016	2017	2018	2019
Алматы	11,6	10,02	7,59	7,1	6,2

Таблица 3 – Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, т. тонн

	2013	2016	2017	2018	2019
Республика Казахстан	2283,5	2263,6	2178,1	2269,5	2356,7
Алматы	69,2	52,4	54,8	51,4	43,3

Таблица 4 – Количество выбросов ТЭЦ, т

Название	В период 2012 г.	В период 2019 г.
1. Выбросы, всего, в т.ч:	37267	34665
твердые	9879	5504
SO ₂	19976	19566
NO ₂	7715	8669

отходов [4,5].

Основываясь на проблемах, указанных ранее, появляется потребность в реорганизации ТЭЦ-2, которая предусматривает замену устаревшего оборудования на новое со стопроцентным сжиганием природного газа, применением современных газоочистных устройств, эксплуатацией бессточных систем производства, отвечающих требованиям Экологического кодекса РК [6].

Энергетические котлы ТЭЦ-2 потребляют уголь, что отвечает плановым решениям проекта. Для соответствия условиям Закона Республики Казахстан об экологии нужно выполнять меры по охране природы на ТЭЦ-2.

Результаты исследования. На территории Алматинской ТЭЦ-2, находящейся в нескольких километрах от города, в селе Алгабас Карасайского района, проведены экологические исследования по возможному расширению ТЭЦ с помощью парогазовых установок.

Предполагаемым результатом от выполнения данных мероприятий является: сокращение твердых выбросов, снижение образующихся отходов золы, снижение выбросов оксида серы и азота, замена старого оборудования.

Анализ проводился для рассмотрения вариантов изменения и улучшения ТЭЦ-2. Эффективно рассмотреть оптимально возможные технологии с учетом передового Европейского опыта сокращения выбросов согласно Директиве Евросоюза (ЕС) и современной технологии по уменьшению загрязнения атмосферы города, что включает изменение систем фильтрации дымовых газов и замещение угля на менее вредное топливо

– природный газ, эффективность использования которого должна быть не менее 40%, при использовании когенерации – 75-90% (европейская практика). При сохранении сжигания Экибастузского угля необходимо обязательно предусмотреть переработку и повторное использование золошлаковых отходов [3].

Оценка влияния существующей ТЭЦ-2 на качество атмосферного воздуха, выполненная расчетным путем по концентрациям загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, создаваемым выбросами из дымовых труб станции в зимнем режиме работы, свидетельствует о необходимости принятия мероприятий по снижению влияния ТЭЦ-2 на загрязнение атмосферного воздуха города как в части снижения выбросов, так и в оптимизации условий рассеивания.

Для снижения выбросов парниковых газов, в частности CO₂, от угольных котельных установок, наилучшие доступные варианты на современном этапе – это методы и эксплуатационные мероприятия по увеличению тепловой эффективности. Вторичные мероприятия по поглощению CO₂ находятся в стадии развития и изучаются на пилотных проектах. Поскольку к дымовой трубе подключаются однотипные котлы, то возможно организовать контроль эмиссий на дымовой трубе. Таким образом, система контроля выбросов позволяет осуществлять контроль в автоматическом режиме (рисунок 3).

С учетом вышесказанного существуют следующие варианты реконструкции Алматинской ТЭЦ-2 с целью снижения негативного влияния ее деятельности на окружающую среду [7]:

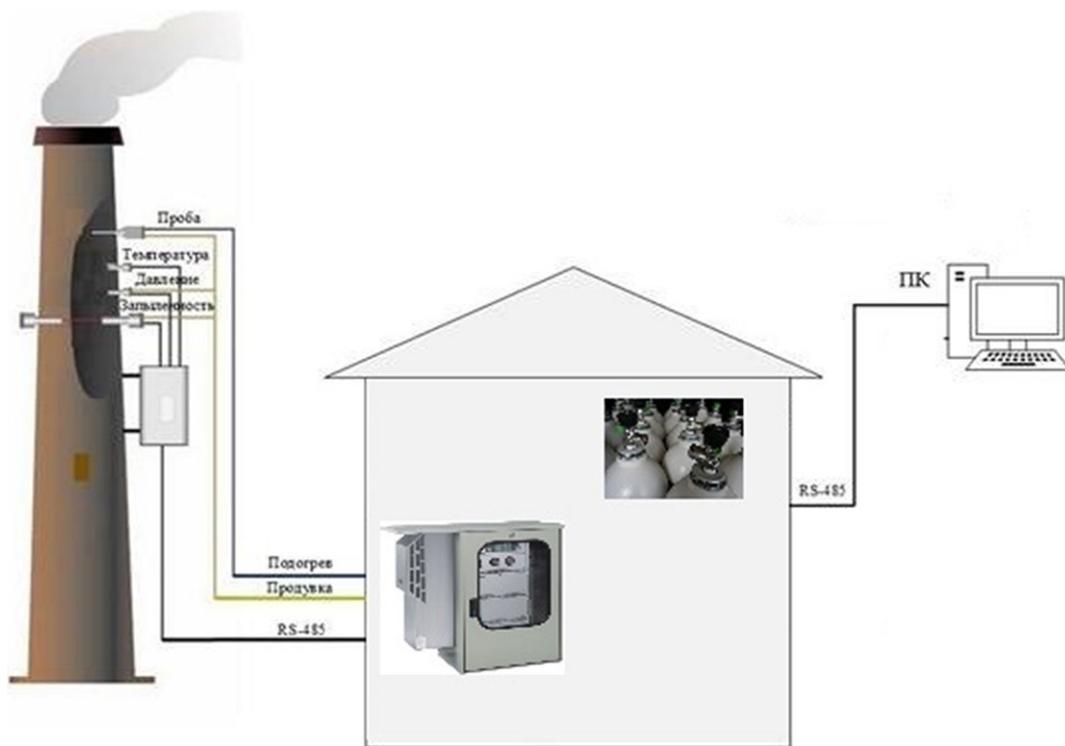


Рисунок 3 – Принципиальная схема системы контроля выбросов

Вариант № 1 – постройка новой станции возле существующей ТЭЦ. Основной энергоноситель – природный газ; резервный энергоноситель – природный газ. Подача газа в соответствии с требованиями норм технологического проектирования тепловых электростанций, должна обеспечиваться от двух независимых источников.

Подвариант № 1.1 – предусмотреть строительство новой ТЭЦ-2 с установкой новых паротурбинных установок и паровых котлов – ПТУ.

Подвариант № 1.2 – предусмотреть строительство новой ТЭЦ-2 с установкой новых газовых и паротурбинных установок и паровых котлов утилизаторов – ПГУ.

Также при выполнении данного варианта необходимо будет выполнить следующее:

1. Провести оценку затрат на реконструкцию и расширение, определить перечень зданий, сооружений, оборудования, узлов и механизмов, подлежаемых реконструкции.

2. Рассмотреть потребность и обеспечение резервного топлива.

3. Выполнить сравнительный анализ технико-экономических показателей.

4. Рассмотреть источники газоснабжения, в том числе резервные.

5. Провести оценку влияния на тариф по производству электрической энергии и тепловой энергии.

6. Рассмотреть варианты финансирования, в том числе с привлечением средств из республиканского бюджета.

Для обеспечения природным газом от сетей,

принадлежащих АО «КазТрансГаз Аймак», необходимы дополнительные затраты на прокладку новых газопроводов (включая установку ГРС и всего необходимого дополнительного оборудования) [8,9].

Вариант № 2 заключается в выполнении поэтапной реконструкции существующих энергетических котлоагрегатов ст. № 1-8 с установкой эффективного газоочистного оборудования (ГОУ). В данном варианте рассмотреть реконструкцию ТЭЦ-2 с целью снижения выбросов вредных веществ в атмосферу (диоксида серы и оксидов азота) с доведением значений параметров до стандартов ЕС.

Подвариант № 2.1. Корпуса рукавных фильтров или электрофильтра с системой интегрированной сухой сероочистки (система NID). В комплект поставки входит оборудование азотоочистки и сероочистки.

Подвариант № 2.2. Возможно использование комплексной системы газоочистки по технологии SNOXTM. Это комбинация следующих процессов: производство серной кислоты из влажных газов; удаление окислов азота из дымовых газов (DeNOx); улавливание твердых частиц, золы в рукавных фильтрах.

Одна из проблем при реализации варианта № 2 – это стеснённая компоновка ТЭЦ-2, а размеры газоочистного оборудования определяются расходом очищаемых газов, которые составляют 650 000 м³/ч. Таких установок на станции необходимо разместить 8 штук, что вызывает технические сложности (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительная таблица выбросов основных вредных веществ и золошлаковых отходов при текущем состоянии на ТЭЦ-2 и при строительстве новой станции, тысяч тонн

Наименование	Факт 2016 г.	вариант ПТУ, ПГУ	вариант ГОУ
Расход энергоносителя:			
Природный газ, млн м ³	-	821,38	0
Уголь, тыс. т	2288,98	0	2289,11
Выбросы вредных веществ:	31,490,01	3,47	6,94
Пыль (зола угля)	5,16	0	0,63
Оксид серы	16,98	0	2,52
Оксид азота	8,56	3,07	2,51
ЗШО	936,21	0	1012,08

Варианты ПТУ и ПГУ более привлекательны по воздействию на окружающую среду, в которых наиболее эффективно используются топливные ресурсы при высокой степени утилизации энергии. Показатель эффективности использования топлива в варианте соответствует европейским критериям наилучших доступных технологий для энергоустановок на газе, работающих по принципу когенерации (75-85%). Существенно снижаются выбросы как загрязняющих веществ (95%), так и парниковых газов (78%), а удельные выбросы на единицу произведенной продукции намного ниже, чем в других вариантах [7,10]. Отсутствуют золошлаковые отходы, требующие дополнительных площадей под складирование. Влияние на окружающую среду характеризуется как «слабое».

Заключение. Для проведения реконструкции ТЭЦ-2 на газовом топливе необходимым условием является строительство газопровода до площадки ТЭЦ-2 и гарантированные поставки газа в

необходимых количествах. Предварительные расчеты показывают, что потребление природного газа города Алматы увеличится более чем в два раза. Если реконструкция ТЭЦ-2 на газ не будет осуществлена, то модернизация ТЭЦ-2 должна осуществляться по угольному варианту, с установкой газоочистного оборудования на существующих энергетических котлоагрегатах ст. №1-8 [11-12].

Работы по реконструкции золоулавливающих устройств с установкой эмульгаторов нового поколения на всех котельных агрегатах ТЭЦ-2 со степенью очистки от 99,5% позволят снизить выбросы золы – порядка 5,8 тыс. тонн с 10,9 тыс. тонн до 5,1 тыс. тонн в сравнении с первоначальным периодом; модернизация на всех котельных агрегатах станции горелочных устройств позволит снизить выбросы окислов азота порядка 0,2 тыс. тонн с 7,8 тыс. тонн до 7,6 тыс. тонн в сравнении с первоначальным периодом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа развития «Алматы – 2020». Алматы, 2018.
2. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан / Казгидромет. Выпуски 2019 г., 2020 г.
3. Директива № 2001/80/ЕС Европейского Парламента и Совета «Об ограничении выбросов некоторых загрязняющих воздух веществ от крупных установок сжигания».
4. Годовые отчеты АО «АлЭС» ТЭЦ-2 за 2016 г., 2018 г., 2019 г.
5. Экологический кодекс Республики Казахстан.
6. Проект нормативов предельно допустимых выбросов для АО «АлЭС» ТЭЦ-2.
7. Байдаков С.Л., Гашо Е.Г. Эффективные системы жизнеобеспечения мегаполисов – основа устойчивого развития государства // Энергетическая политика. 2015. № 3.
8. Тематический портал по энерго- и ресурсосбережению «Энергосовет», www.energosoвет.kz
9. Левин Б.И., Бутко А.А. Использование отходов в качестве топлива путем экологически чистого обезвреживания с выработкой энергии. – М.: Изд-во Прима-Пресс-М, 2015.
10. Bigaliev A.B. Ecological genetics, publisher «Kazakh Universities», 2017. – P. 346.
11. Shi A., Kantartzi S., Mmbaga M., Chen P. Development of ISSR PCR markers for diversity study in dogwood (*Cornus* spp.) // Agriculture and biology journal of North America. 2010. – № 1 (3). – p. 189-194.
12. Boribay E., Akhtaeva N., Shayakhmetova I., Moldagazieva Zh., Usabalieva S., Tulegenova A. Biomonitoring of the of tech-nogenic factor's influence on the plants. European Biotechnology Congress 2018. Journal of Biotechnology, 2018, Volume 280, p. 92.
13. Semencescu A.A, Chivu O.R., Babis C., Apostolescu Z. Formation mechanism emissions in case of reconditioning by welding in the automotive industry cranks shafts // Revista de Chimie. Volume 67, Issue 7, July 2016, Pages 1281-1283.
14. Gomes J.F., Miranda R.M., Oliveira J.P., Esteves H.M., Albuquerque P.C. Evaluation of the amount of nanoparticles emitted in LASER additive manufacture/welding // Inhalation Toxicology. Volume 31, Issue 3, 23 February 2019, Pages 125-130.

Алматы жылу электр орталығы-2 қызметінің Алматы қаласының экологиялық жағдайына әсерін төмендету жолдары

¹ЖАНДАУЛЕТОВА Фарида Рустембековна, т.ф.к., профессор, Farida.Zhandauletova@kaznau.kz,

^{1*}БЕГИМБЕТОВА Айнур Серикбаевна, PhD, доцент, a.begimbetova@aes.kz,

¹АБИКЕНОВА Асель Амангельдиевна, т.ф.к., доцент, кафедра меңгерушісі, a.abikenova@aes.kz,

¹САФРОНОВА Фариза Павловна, магистрант, f.safronova@aes.kz,

¹Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, 050013, Алматы, А. Байтұрсынұлы көш., 126/1,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты – Алматы жылу электр орталығы-2 (ЖЭО) қызметінің бу-газ қондырғыларының көмегімен оның кеңеюі кезіндегі әсер ету дәрежесін зерттеу. Бұл жылу электр орталығы Алматы қаласының Батыс, Шығыс және Орталық аудандарының тұтынушыларын қоса алғанда, ірі жылу генераторларының бірі болып табылады. Ауа бассейнінің сынағандарын талдау нәтижесінде анықталған қалқыма заттар, күкірт диоксиді, азот диоксиді, формальдегид сияқты зиянды заттар концентрациясының едәуір асып кетуі отынның анағұрлым экологиялық таза түріне көшудің аса қажеттілігін көрсетеді. Мақалада Алматы жылу электр орталығынан-2 қоршаған ортаға парниктік шығарындыларды азайтудың екі нұсқасы қаралды, олар мыналарды қамтиды: жылу тиімділігін арттыру, жабдықтарды ауыстыру, газ тазалау аппараттарын орнату және шығарындылар санын автоматты режимде бақылау жүйесін енгізу. Нұсқалардың бірі негізгі және резервтік отыны – табиғи газы бар жаңа станция салу, бу турбиналық қондырғылар мен қазандықтарды орнатуды қажет етеді. ЖЭО қайта құрудың тағы бір нұсқасы ауа бассейніне күкірт және азот диоксиді шығарындыларын азайту және олардың параметрлерінің мәндерін Еуропалық Одақ стандарттарына дейін жеткізу мақсатында тиімді газ тазарту жабдықтарын орнатуды қарастырады. Газ отынына көшу кезінде бу турбиналық қондырғылар мен бу қазандықтарын пайдалану ЖЭО-2 қызметінің қоршаған ортаға теріс әсерін төмендетудің тиімді нұсқасы екендігі көрсетілген. Сондай-ақ, осы нұсқаны іске асыру кезінде отынды пайдалану тиімділігінің көрсеткіші когенерация қағидаты бойынша жұмыс істейтін газдағы энергия қондырғылары үшін Еуропалық өлшемдерге сәйкес келеді.

Кілт сөздер: әсерді бағалау, атмосфераның ластануы, жылу электр орталығы, ластану мониторингі, зиянды заттардың шығарындылары.

Ways to Reduce the Activities of the Almaty Combined Heat and Power Plant-2 Impact on the Environmental Situation of the City of Almaty

¹ZHANDAULETOVA Farida, Cand. Tech. Sci., Professor, Farida.Zhandauletova@kaznau.kz,

^{1*}BEGIMBETOVA Ainur, PhD, Associate Professor, a.begimbetova@aes.kz,

¹ABIKENOVA Aseel, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Head Department, a.abikenova@aes.kz,

¹SAFRONOVA Fariza, master student, f.safronova@aes.kz,

¹Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Kazakhstan, 050013, Almaty, A. Baitursynova str., 126/1,

*corresponding author.

Abstract. The aim of the work was to study the degree of the activity of the Almaty Combined Heat and Power Plant-2 (CHPP) impact during its expansion with the help of combined cycle plants. This CHPP is one of the largest heat generators, including consumers in the Western, Eastern and Central regions of the city of Almaty. The significant excess of concentrations of such harmful substances as suspended solids, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, formaldehyde revealed as a result of analyzing air samples, indicates an urgent need to transit to a more environmentally friendly type of fuel. The article discusses two options for reducing greenhouse emissions into the environment from the Almaty CHPP-2, which include: increasing thermal efficiency, replacing equipment, installing gas cleaning devices and introducing an automatic emission control system. One of the options is to build a new station with the main and reserve fuel, natural gas, which requires mounting steam turbines and boilers. Another option for the reconstruction of the CHPP provides for the mounting efficient gas cleaning equipment in order to reduce emissions of sulfur and nitrogen dioxides into the air basin and to bring the values of their parameters to the standards of the European Union. It is shown that the use of steam turbine units and steam boilers when switching to gas fuel is a more effective option for reducing the negative impact of CHPP-2 on the environment. When this option is implemented, the fuel efficiency indicator meets the European criteria for gas-fired power plants operating on the cogeneration principle.

Keywords: impact assessment, air pollution, combined heat and power plant, pollution monitoring, emissions of harmful substances.

REFERENCES

1. Programma razvitiya «Almaty – 2020». Almaty, 2018.
2. Informacionnyj byulleten' o sostoyanii okruzhayushchej sredy Respubliki Kazahstan / Kazgidromet. Vypuski 2019 g., 2020 g.
3. Direktiva № 2001/80/ES Evropejskogo Parlamenta i Soveta «Ob ogranichenii vybrosov nekotoryh zagryaznyayushchih vozduh veshchestv ot krupnyh ustanovok szhiganiya».
4. Godovye otchety AO «AIES» TEC-2 za 2016 g., 2018 g., 2019 g.
5. Ekologicheskij kodeks Respubliki Kazahstan.
6. Proekt normativov predel'no-dopustimyh vybrosov dlya AO «AIES» TEC-2.
7. Bajdakov S.L., Gasho E.G. Effektivnye sistemy zhizneobespecheniya megapolisov – osnova ustojchivogo razvitiya gosudarstva // Energeticheskaya politika. 2015. no. 3.
8. Tematicheskij portal po energo- i resursosberezeniyu «Energosovet», www.energosovet.kz
9. Levin B.I., Butko A.A. Ispol'zovanie othodov v kachestve topliva putem ekologicheski chistogo obezvrezhivaniya s vyrabotkoj energii. – Moscow: Publ. Prima-Press-M, 2015.
10. Bigaliev A.B. Ecological genetics, publisher «Kazakh Universities», 2017. – P. 346.
11. Shi A., Kantartzi S., Mmbaga M., Chen P. Development of ISSR PCR markers for diversity study in dogwood (*Cornus* spp.) // Agriculture and biology journal of North America. 2010. – no. 1 (3). – pp. 189-194.
12. Boribay E., Akhtaeva N., Shayakhmetova I., Moldagazieva Zh., Usubalieva S., Tulegenova A. Biomonitoring of the of tech-nogenic factor's influence on the plants. European Biotechnology Congress 2018. Journal of Biotechnology, 2018, Volume 280, p. 92.
13. Semenescu A.A, Chivu O.R., Babis C., Apostolescu Z. Formation mechanism emissions in case of reconditioning by welding in the automotive industry cranks shafts // Revista de Chimie. Volume 67, Issue 7, July 2016, Pages 1281-1283.
14. Gomes J.F., Miranda R.M., Oliveira J.P., Esteves H.M., Albuquerque P.C. Evaluation of the amount of nanoparticles emitted in LASER additive manufacture/welding // Inhalation Toxicology. Volume 31, Issue 3, 23 February 2019, Pages 125-130.