

УДК 620.9 : 504; 621.484/.486

**Ф. В. НЕДОПЕКИН, Н. С. ШЕСТАВИН, В. В. ЮРЧЕНКО**  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»**ПРОЕКТ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА НА ПЕРЕКРЕСТКЕ  
УЛИЦ**

**Аннотация.** В крупных городах важной экологической проблемой становится загрязнение воздуха выхлопами автомобилей, которые регулярно накапливаются на некоторых оживленных перекрестках. Предложено устанавливать на таких перекрестках очистные сооружения, работающие на базе тепловой энергии окружающей среды. Приведен пример такого сооружения для самого проблемного перекрестка города Донецка, посредством которого будет осуществляться очистка воздуха от выхлопных газов автомобилей, а также захват диоксида углерода при условии самообеспечения электроэнергией.

**Ключевые слова:** очистка воздуха, перекресток улиц, тепловая энергия, диоксид углерода, электроэнергия.

Смягчение последствий глобального изменения климата в настоящее время возможно путем широкомасштабного применения технологий с негативными выбросами и надежной секвестрации парниковых газов [1], которые могут и должны применяться на территории Донбасса [2]. Одним из существенных источников парниковых газов, а также общего загрязнения окружающей природной среды являются выбросы выхлопных газов автомобильного транспорта, особенно в периоды неполного сгорания топлива, что характерно при пересечении автотранспортом перекрестков улиц крупных городов.

Очистка воздуха от природных и антропогенных загрязнителей может осуществляться непосредственно в местах концентрации таких загрязнителей посредством стационарных и подвижных устройств [2], разработкой и внедрением которых занимаются многие научные организации и коммерческие компании. Наибольших успехов в направлении прямого улавливания загрязнителей и диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) из воздуха достигла швейцарская компания Climeworks, эксплуатируя демонстрационную установку мощностью 900 тонн  $\text{CO}_2$  в год [1] и реализуя его в пищевой промышленности и тепличных хозяйствах Швейцарии.

Установки по прямому захвату  $\text{CO}_2$  из воздуха и очистки воздуха от различных загрязнителей требуют значительных затрат электроэнергии. Поэтому, с целью повышения энергоэффективности таких установок и обеспечения высокого качества городской окружающей среды предлагается использовать в подобных установках низкотемпературное тепло загрязненного воздуха, который концентрируется на перекрестках улиц городов.

Электричество может быть произведена путем прямого преобразования солнечного света в электричество с помощью фотоэлектрических элементов или косвенного преобразования с помощью солнечных тепловых систем. Такие солнечные системы для получения электроэнергии включают параболические зеркальные системы, системы центрального приемника излучения, двигатель Стирлинга и «солнечные электростанции типа трубы» (Solar Chimney Power Plant – SCPP) [3].

SCPP является солнечной тепловой электростанцией, которая использует парниковый принцип (солнечный воздушный коллектор) и эффект плавучести, который поддерживается в трубе и индуцируется солнцем как конвективный поток, приводящий в движение турбогенератор для выработки электроэнергии. Традиционный SCPP состоит из круговых прозрачных навесов или крыш, поднятых на определенную высоту над землей, с трубой или башней в центре. В центральной трубе находится один

или несколько турбогенераторов. Воздух поступает в систему из окружающего пространства по окружности между крышей коллектора и землей. Излучение солнца проникает в коллектор через крышу и попадает на поверхность земли и подогревает землю, а отражаясь, нагревает соседний воздух выше температуры окружающей среды, далее нагретый до определенной температуры воздух поступает на выход коллектора.

Теплый воздух из коллектора движется в сторону и вверх в центральную трубу, в результате плавучести и разности давлений между окружающим воздухом и теплым воздухом внутри SCPP. Кинетическая энергия теплого воздуха превращается в электрическую энергию с помощью турбогенератора.

В 1981 году немецкая инженеринговая компания Schlaich Bergemann and Partners (SBP) предложила, спроектировала, построила и испытала SCPP в Manzanares, Испания. Эта SCPP имела коллектор диаметром 240 м и трубу высотой в 195 м и 10 м в диаметре. Это самая большая построенная SCPP на сегодняшний день предназначена для получения 50 кВт электроэнергии [4]. Номинальная выходная мощность экономически обоснованных SCPP в три-четыре порядка выше, чем результат SCPP в Manzanares. Результаты эксплуатации SCPP в Manzanares показали, что эта концепция является возможной альтернативой обычных электростанций. С учетом результатов эксперимента по SCPP в Manzanares и различных новых модельных исследований и разработок можно констатировать, что SCPP имеет общую эффективность ниже 2 %, которая во многом зависит от высоты трубы и площади коллектора.

SCPP имеет некоторые преимущества для выработки электроэнергии, а также некоторые недостатки по сравнению с другими энергетическими системами [2].

#### Преимущества SCPP:

- SCPP использует прямое и диффузное излучения;
- строительные материалы (в основном из стекла и бетона) для SCPP относительно недороги и доступны;
- SCPP не требует никаких возобновляемых видов топлива для того, чтобы работать, и не производит никаких выбросов;
- SCPP работает с использованием простой технологии. За исключением, возможно, турбо-генератора;
- SCPP не требует водяного охлаждения;
- SCPP имеет низкую стоимость обслуживания;
- SCPP имеет длительный срок службы (по крайней мере от 80 до 100 лет);
- SCPP подходит для работы в тропиках и в пустынных районах, где солнечная радиация является очень надежным источником энергии.

#### Недостатки SCPP:

- для того чтобы стать экономически жизнеспособными, SCPP должен быть построен очень больших масштабов;
- выход электроэнергии от SCPP не является постоянным в течение всего дня или года;
- строительство SCPP требует большого количества материалов, тем самым вызывая логистические проблемы, связанные с наличием и транспортировкой материалов;
- нет структуры оценок, которые бы сейчас предлагались для определения экономической рентабельности SCPP;
- эффективность SCPP ниже 2 % и в основном зависит от высоты дымовой трубы и площади коллектора.

Для анализа потенциала применения SCPP для удаления загрязняющих веществ и CO<sub>2</sub> из выхлопных газов автомобиля наиболее рационально осуществлять в зонах скопления автомобилей, то есть на наиболее интенсивных перекрестках, когда неполное сгорание происходит в режиме ожидания. Использование устройств для улавливания CO<sub>2</sub> из воздуха может быть экономически выгодным в случае использования дополнительных источников энергии из окружающей среды как природных, так и искусственного происхождения.

Например, разработаны устройства и способы по утилизации промышленных отходов тепла, сточной горячей воды или отработанного пара для повышения эффективности работы SCPP [5]. Такую же роль дополнительного источника энергии для SCPP могут сыграть горячие выхлопные газы автомобильного транспорта. Кроме того, в качестве наружной поверхности коллектора можно покрывать прозрачными тонкопленочными фотоэлектрическими батареями [6], что позволит обеспечить собственные потребности устройства в электроэнергии.

На основе этих предложений по созданию солнечных электростанций, которые будут экономически эффективными, если используется дополнительная энергия от окружающей среды естественно (солнце и ветер) и искусственного (горячие выхлопные газы от автомобилей) происхождения, предлагается устройство, которое можно расположить в городе Донецке на пересечении улицы Артема и проспекта Богдана Хмельницкого (рис. 1), под названием «Воздушный террикон» (ВТ), так как это устройство выглядит почти так же, как большинство терриконов Донбасса. ВТ предназначен для очистки воздуха от выхлопных газов автомобилей на перекрестках улиц и для улавливания парниковых газов [7].

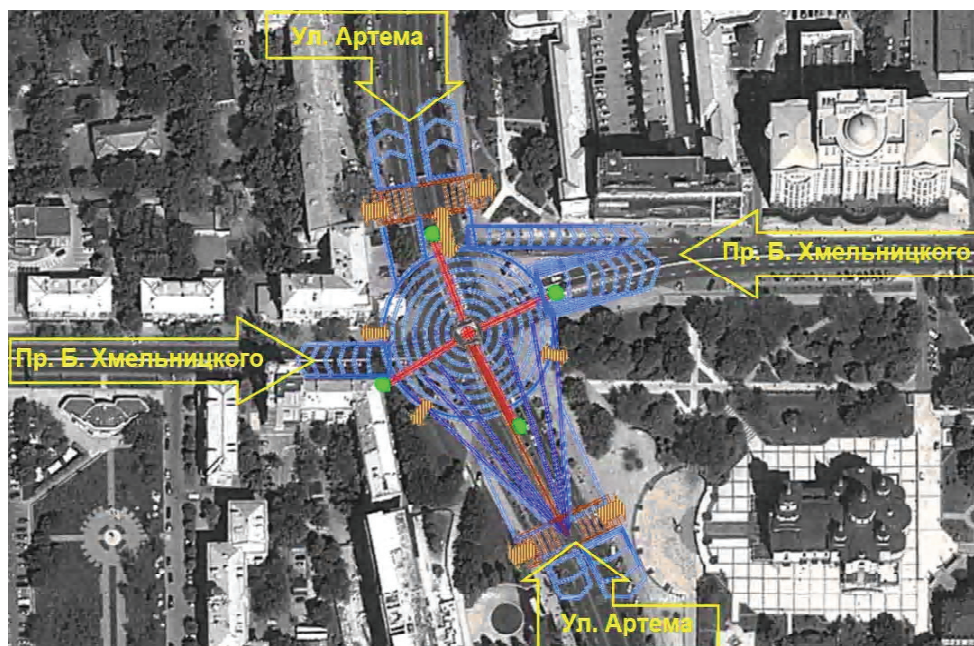


Рисунок 1 – Расположение «Воздушного террикона» в Донецке.

Для выполнения этих экологических функций используется электроэнергия, вырабатываемая вертикальной и горизонтальной ветровыми турбинами и системой солнечных батарей. Силовая структура состоит из стеклянного конуса, корпуса тепловой трубки, монорельсового транспорта и ребер – сектора конуса с солнечными батареями. Тепловая труба помещается над областью перекрестка, где двигаются автомобили. В пространстве между стеклянным конусом и воронкой тепловой трубы располагаются коммерческие площадки, а в секторе конуса – смотровые площадки и познавательная зона отдыха (рис. 2).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A Research Agenda [Text] / Committee on Developing a Research Agenda for Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration, Board on Atmospheric Sciences and Climate, Board on Energy and Environmental Systems and etc. – Washington, DC : The National Academies Press, 2019. – 510 p. – ISBN 978-0-309-48452-7.
2. Низко-углеродные возможности для промышленных регионов Украины [Текст] : монография / Н. С. Шеставин, Ф. В. Недопекин, В. В. Осетров, В. В. Юрченко. – Дружковка : Юго-Восток, 2015. – 239 с. – ISBN 978-966-374-822-1.
3. Solar Chimney Power Plant – A Review [Текст] / P. J. Bansod, S. B. Thakre, N. A. Wankhade // International Journal of Modern Engineering Research. – 2014. – Vol. 4, Iss. 11. – P. 18–34.
4. Design of Commercial Solar Updraft Tower Systems – Utilization of Solar Induced Convective Flows for Power Generation [Текст] / J. Schlaich, R. Bergemann, W. Schiel, G. Weinrebe // Journal of Solar Energy Engineering. – 2005. – Vol. 127. – P. 117–124.
5. A by using industrial waste heat and solar energy heat power generation wind tower device and method for hot wind tower power generation device and method by using industrial waste heat and solar energy [Text] / Liang Kunfeng, Gao Chunyan, Fu Zhumu, Lin Wang, Chang Zhiyong // CN102691626 (A). – 2012. № 09–26. – (in Chinese).

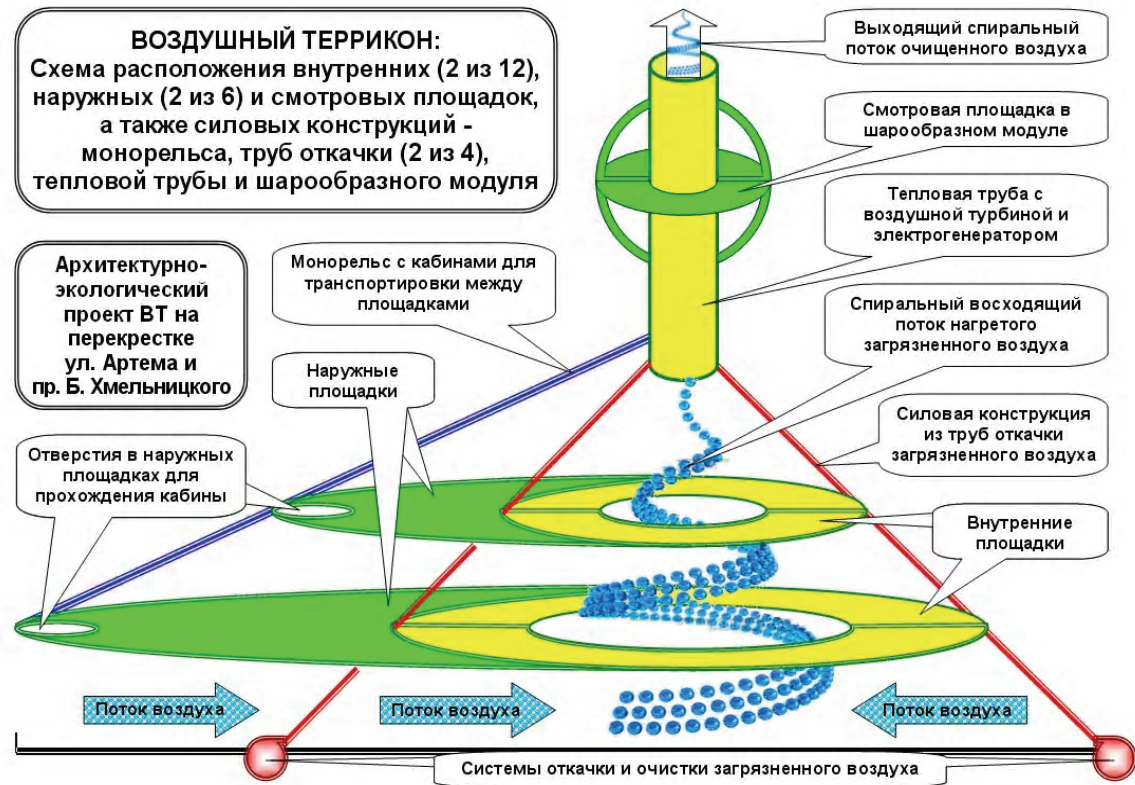


Рисунок 2 – Упрощенная схема «Воздушного террикона».

6. Xingwen, Mo Combining photovoltaic technology of solar heating wind power-generating system – Solar chimney power generation system combining photovoltaic technology [Text] / Mo Xingwen // CN202385034 (U). – 2012. № 08–15. – (in Chinese).
7. Shestavin, M. S. Capabilities Sequestration Anthropogenic Emissions from Low Fugitive Sources [Текст] / M. S. Shestavin : Materials digest of the XXXII International Scientific and Practical Conference «Models and Methods of Solving Formal and Applied Scientific Issues in Phys.-Math., Tech. and Chem. Research» (United Kingdom, London, September 20–25, 2012). – London : International Academy of Science and Higher Education, 2012. – P. 65–67.

Получено 05.03.2019

**Ф. В. НЕДОПЕКІН, М. С. ШЕСТАВІН, В. В. ЮРЧЕНКО**  
**ПРОЕКТ СПОРУДИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛИЦЬ**  
**ДОУ ВПО «Донецький національний університет»**

**Анотація.** У великих містах важливою екологічною проблемою стає забруднення повітря вихлопами автомобілів, які регулярно накопичуються на деяких поживавлених перехрестях. Запропоновано встановлювати на таких перехрестях очисні споруди, що працюють на базі теплової енергії навколишнього середовища. Наведено приклад такої споруди для самого проблемного перехрестя міста Донецька, за допомогою якого буде здійснюватися очищення повітря від вихлопних газів автомобілів, а також захоплення діоксиду вуглецю за умови самозабезпечення електроенергією.

**Ключові слова:** очищення повітря, перехрестя вулиць, тепла енергія, діоксид вуглецю, електроенергія.

FEDOR NEDOPEKIN, NIKOLAY SHESTAVIN, VIKTORIA YURCHENKO  
THE PROJECT FACILITIES FOR AIR PURIFICATION AT THE CROSSROADS  
Donetsk National University

**Abstract.** In large cities, air pollution from automobile emissions that regularly accumulate at some busy intersections becomes an important environmental issue. It has been proposed to install treatment facilities at such intersections operating on the basis of environmental thermal energy. An example of such a construction is given for the most problematic crossroads of the city of Donetsk, through which air will be cleaned from vehicle exhaust gases, as well as carbon dioxide capture, subject to self-sufficiency in electricity.  
**Key words:** air purification, street intersection, thermal energy, carbon dioxide, electric power.

**Недопекин Федор Викторович** – доктор технических наук, профессор кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: физическая гидродинамика в металлургии, теплоэнергетике и экологии.

**Шеставин Николай Степанович** – кандидат технических наук, заведующий отделом научно-технической информации научно-исследовательской части ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: моделирование аэродинамических процессов в устройствах возобновляемых источников энергии.

**Юрченко Виктория Владимировна** – соискатель кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: программирование и расчетные эксперименты с аэродинамическими процессами в устройствах возобновляемых источников энергии.

**Недопекін Федір Вікторович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри фізики нерівноважних процесів, метрології та екології ДОНУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: фізична гідродинаміка в металургії, теплоенергетиці та екології.

**Шеставін Микола Степанович** – кандидат технічних наук, завідувач відділу науково-технічної інформації науково-дослідної частини ДОНУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: моделювання аеродинамічних процесів в пристроях поновлюваних джерел енергії.

**Юрченко Вікторія Володимирівна** – здобувач кафедри фізики нерівноважних процесів, метрології та екології ДОНУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: програмування та розрахункові експерименти з аеродинамічними процесами в пристроях поновлюваних джерел енергії.

**Nedopekin Fedor** – D. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Physics of Nonequilibrium Processes, Metrology and Ecology, Donetsk National University. Scientifics interests: physical hydrodynamics in metallurgy, power system and ecology.

**Shestavin Nikolay** – Ph. D. (Eng.), Head of the Department of Scientifics interests and Technical Information of the Research Section, Donetsk National University. Scientifics interests: modeling of aerodynamic processes in devices of renewable energy sources.

**Yurchenko Viktoria** – applicant for the Department of Physics of Nonequilibrium Processes, Metrology and Ecology, Donetsk National University. Scientifics interests: programming and computational experiments with aerodynamic processes in devices for renewable energy sources.