DOI: 10.18721/JEST.27311
УДК 551.583

В.В. Рогожкин[2], В.И. Горынин[1], С.Ю. Кондратьев[3], Е.Б. Мишин[4], Е.В. Коленов[5], А.В. Шеволдин[6]

[1] Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», Санкт-Петербург, Россия;

[2] АО "Атомпроект", Санкт-Петербург, Россия;

[3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;

[4] Московский проектный институт АО «Атомэнергопроект», Москва, Россия;

[5] ПАО «Силовые машины», Москва, Россия;

[6] Санкт-Петербургский филиал Московского проектного института АО «Атомэнергопроект», Санкт-Петербург, Россия

КУЛЕР ПРОТИВ ПЕРЕГРЕВА ЕВРОПЫ

Предложены принцип и аэротермическая система «Land Coolers» (кулер) для коррекции аномального потепления (климата) регионов Европы путем организации над проблемными территориями высотной техногенной облачности, используя для этого атмосферную влагу акватории ближних морей, избыточный тепловой энергосброс тепловых и атомных электростанций и господствующий поток высотно-тропосферных ветров. Зонтичная облачность перистого типа, генерируемая аэротермическим кулером в тропосферу, ослабит солнечную нагрузку и перегрев проблемных территорий Европы. Для формирования высотной облачности свыше 6 км используется вертикальная паровоздушная струя от модифицированного инжектором прибрежного объекта энергетики, образующего оптически плотную облачность верхнего и среднего яруса тропосферы площадью до 100 тыс. кв. км, защищающая приземный воздух от перегрева и обеспечивающая доступность территорий Европы атлантическим дождям.

Ключевые слова: аэротермическая система «Land Coolers» (кулер); региональная коррекция аномального потепления (климата); высотная техногенная облачность перистого типа; тропосфера; тепловой энергосброс; теплосбрасывающие электростанции; атмосферная влага акватории морей.

Ссылка при цитировании:

В.В. Рогожкин, Горынин В.И., С.Ю. Кондратьев, Е.Б. Мишин, Е.В. Коленов, А.В. Шеволдин, Кулер против перегрева Европы // Материаловедение. Энергетика. 2021. Т. 27, № 3. С. 120–133. DOI: 10.18721/JEST.27311

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

V.V. Rogozhkin[2], V.I. Gorynin[1], S.Yu. Kondratyev[3], E.B. Mishin[4], E.V. Kolenov[5], A.V. Shevoldin[6]

[1] Central Research Institute of Structural Materials “Prometey”, St. Petersburg, Russia;

[2] JSC "Atomproekt", St. Petersburg, Russia;

[3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia;

[4] JSC “Atomenergoproekt”, Moscow, Russia;

[5] PJSC “Power machines”, Moscow, Russia;

[6] JSC "Atomenergoproekt", St. Petersburg, Russia

COOLER AGAINST OVERHEATING OF EUROPE

The paper proposes a principle and presents a Land Coolers aerothermal system (cooler) for the correction of abnormal warming (of the climate) of the European regions. The cooler generates high-altitude technogenic clouds over problem areas using atmospheric moisture in the waters of the near seas, excessive thermal energy consumption of thermal and nuclear power plants, and the prevailing flow of high-altitude tropospheric winds. The cirrus-type umbrella cloud generated by the aerothermal cooler into the troposphere weakens the solar load and overheating of the problem areas of Europe. For high-altitude clouds over 6 km, the system employs a vertical steam-air jet from a coastal energy facility modified by an injector. It forms optically dense clouds of the upper and middle tier of the troposphere with an area of up to 100 thousand square kilometers, protecting the surface air from overheating and ensuring the territories of Europe are covered by Atlantic rains.

Keywords: Land Coolers aerothermal system (cooler); regional correction of abnormal warming (climate); high-altitude technogenic cloud cover of the cirrus type; troposphere; thermal energy saving; heat-saving power plants; atmospheric moisture of the sea area.

Citation:

V.V. Rogozhkin, V.I. Gorynin, S.Yu. Kondatyev, E.B. Mishin, E.V. Kolenov, A.V. Shevoldin, Cooler against overheating of Europe, Materials Science. Power Engineering, 27 (03) (2021) 120–133, DOI: 10.18721/JEST.27311

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Введение. Средняя глобальная температура атмосферы Земли за 100 лет к 2008 году повысилась на ~0,8 °C [1]. Несмотря на малую величину ее прироста, негативные последствия могут быть значительными и предполагаются склонными к росту в дальнейшем. В частности, это ведет к разбросу температур, когда зимой будет холоднее, а летом аномально жарко. В последнее время рост жары летом, засухи, зон пустынь, числа более интенсивных, обширных и загрязняющих воздух лесных пожаров, наводнений и т.д. стали реальной проблемой для населения Европы.

В качестве средств противодействия этим природным негативным явлениям целесообразно использование сопутствующих возможностей эксплуатируемых теплосбрасывающих электростанций (ТСЭС). Например, избыточный тепловой (паровой, водяной, воздушный) энергети-

Рис. 1. Формирование в атмосфере (тропосфере) высотной светонепроницаемой облачности при генерации теплой воздушной струи из градирен атомной электрической станции (АЭС) при отсутствии приземного ветра

Fig. 1. Formation of high-altitude light-tight clouds in the atmosphere (troposphere) when generating a warm air jet from the cooling towers of a nuclear power plant (NPP) in the absence of surface wind

Рис. 2. Вертикальная теплая воздушная струя из градирни АЭС,
действующая по схеме аэротермического кулера при отсутствии приземного ветра

Fig. 2. A vertical warm air jet from a nuclear power plant cooling tower,
operating according to the scheme of an aerothermal cooler in the absence of surface wind

ческий сброс мощностью более 1000 МВт при наличии высотной башенной градирни позволяет производить высотную светонепроницаемую облачность – визуально однородное средство покрытия атмосферы для региональной коррекции аномального перегрева Европы [2] (рис. 1–2).

Общеизвестно, что мощность бесполезного для человечества теплового энергосброса топливной энергетики типа ТСЭС в окружающую природную среду в 2-3 раза превышает вырабатываемую полезную электрическую мощность. Применение теплового энергосброса объектов энергетики для производства техногенной высотной оптически плотной облачности и коррекции перегрева сделает его полезным. А традиционная топливная энергетика станет более зеленой с пересмотром радикальных требований отказа от нее.

Принцип региональной коррекции климата для Европы

Территория Европы (10 млн. км^2) окружена 10 морями с трех сторон, в том числе с запада. При среднегодовой влажности воздуха Земли ~11 г/м^3 влажность морского воздуха в жаркое время года достигает η_w ~ 25 г/м^3. Природный процесс, определяющий температуру воздушной среды тропосферы, очевидно, зависит от уровня солнечной радиации, достигающей поверхности земли. Облака, включая верхний ярус тропосферы, могут являться эффективным регулятором прямой и рассеянной суммарной солнечной радиации. Часть суммарной радиации поглощается земной поверхностью, ее тепло передается приземному воздуху. Другая часть суммарной радиации отражается от поверхности Земли. Управление температурой воздуха при аномальном потеплении актуально для Европы именно в летнее время (с мая по сентябрь).

Принцип региональной коррекции климата «COOLER» (далее С-коррекция) заключается в управлении температурой земной подстилающей поверхности и приземного воздуха путем генерации высотной техногенной («зонтичной») облачности, используя для этого атмосферную влагу акватории морей и тепловой сброс ТСЭС. Прообразом высотной техногенной облачности (ВТО) являются перистые облака верхнего и среднего яруса, доминирующие на высоте свыше 6 км, и их варианты: перистые плотные (Cirrus spissatus, Ci sp), перисто-слоистые (Cirrostratus, Cs), и перисто-кучевые (Cirrocumulus) (рис. 3) [3].

Водность (вода в твердой фазе) перистого облака η_{ci} ~ 0,01 г/м^3 ~ (1/2500)*η_w. Это обстоятельство является принципиально важным для предлагаемой аэротермической технологии, т.к. позволяет обеспечивать зонтичной ВТО значительные территории путем применения предлага-

а) б)

Рис. 3. Различные виды облаков: а – перистые плотные (Cisp), б – перистые слоистые (Cs)
Fig. 3. Various types of clouds: a – cirrus dense (Cisp), b – cirrus layered (Cs)

емых инноваций, способствующих устойчивому развитию. Прозрачность перистой облачности зависит от ее толщины и водности. Показатель ослабления солнечной радиации может достигать 40% и более [4]. Время долговечности высотной облачности варьируется от нескольких часов до более суток.

Европа характеризуется преимущественно внешним влагооборотом, когда выпадение осадков происходит за счет переноса влаги и воздушных масс в соответствии с Розой ветров. Это адвективные осадки, доля которых для Европы, как и для Африки, составляет 70%, для Азии и Северной Америки они составляют 55 и 59% соответственно. ВТО может быть эффективным средством ослабления солнечной радиации проблемных территорий Европы в широких пределах, в плавном и обратимом режиме регулирования. Основным источником воды (влаги) для ВТО служит атмосферная влага акватории европейских морей, переносимая техногенными динамическими струями воздуха на высоту более 6 км.

Условия регионального охлаждения Европы. Охлаждение регионов Европы может быть осуществлено при выполнении трех условий:

1 – наличие природных условий для существования ВТО в Европе;

2 – наличие природного средства для переноса ВТО в заданном направлении;

3 – наличие технических средств обеспечения генерации ВТО.

Рассмотрим эти условия более подробно:

1. Визуальным доказательством наличия условий для существования в Европе зонтичной ВТО от ТСЭС является рис. 1 [2] с изображением типичных тропосферных струй теплого воздуха двух башенных градирен АЭС «Gundremmingen» (Германия) с тепловой мощностью более 2000 МВт каждая. На фотографиях детально видны природная маловысотная и техногенная высотная облачность, плотная тень от образованной зонтичной ВТО, источники и направление переноса ВТО. Форма ВТО, зависящая от высотного ветра, близка к сектору с острым углом. Относительно высокая температура и начальная скорость теплой струи воздуха градирен ТСЭС в атмосфере могут обеспечить ей достижение высоты более 6 км. Важным фактором для генерации зонтичной ВТО является также минимизация рассеивания факела струи теплого воздуха приземным ветром.

2. Средство направленного переноса зонтичной ВТО – природный высотный (геострофический, «самолетный») ветер верхней тропосферы. В северном полушарии Земли он имеет преимущественно западное направление и скорость от нескольких единиц до 30-40 м/сек. Температура

воздуха на высоте от 6 до 15 км составляет минус от 10 °С до минус 60 °С. Территория экранирования Европы будет определяться местом размещения технических средств генерации ВТО в акватории европейских морей, Розой приземных ветров и направлением высотного ветра.

3. Техническое средство для генерации ВТО заданного масштаба назовем «LAND-COOLER» («охладитель земель») или аэротермический кулер [5–6].

Аэротермический кулер [6] должен удовлетворять следующим требованиям:

а) поставлять на высоту 2 км и выше экологически чистый влагосодержащий продукт природного взаимодействия моря и солнца;

б) работать длительное время (до 6 месяцев в году) без выхода из строя;

в) иметь преимущественно морское/островное или полуостровное прибрежное базирование;

г) не зависеть от приземных ветров различного направления;

д) обладать устойчивостью к цунами и другим водным стрессам;

е) вырабатывать, при необходимости, также пресноводный конденсат из морской атмосферной влаги;

ж) быть подконтрольным международному сообществу, например, ООН (UN-Water) и др.

Конструкция аэротермического кулера

Основой кулера [6] являются инжекторы – полые железобетонные сооружения цилиндрической формы типа башенных градирен, высотой 150 м и более, с диаметром сопла 40-100 м. На рис. 4 представлены эскизы основных конструкций инжекторов кулера.

Внутри инжектора устанавливаются дополнительные трубные конструкции и электровентилляторные установки для подготовки, контроля и заброса увлажненного воздуха на расчетную высоту 2 км и выше. Высота инжектора кулера и скорость вывода влажного воздуха должны обеспечивать независимость работы комплекса от направления и силы приземных ветров.

На рис. 5 показаны варианты кулера с 6 и 3 инжекторами соответственно.

Мощность аэротермического кулера

Исходя из диаметра выходного сопла инжектора D_0 = 40 м и заданной производительности инжектора (по воздуху) Q_A = 50000 м^3/сек, оценим величину мощности (N_{50}), затрачиваемой электровентиляторами для достижения воздушной струи высот 2 км и более [Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир., 1982. – 519 с.]. Для обеспечения значения Q_A начальная воздушной скорость струи должна быть $V_{i0} = Q_A \Big/ \left(\pi * D_0^2/4\right)$ = 40 м/сек = 144 км/ч. Такую скорость воздуха используют в дозвуковой аэродинамической трубе.

Оценим мощность инжектора N_{50}, необходимую для обеспечения производительности (по воздуху) Q_A = 50000 м^3/с из соотношения:

$$N_{50} = \left(\pi/8\right) * \rho * D_0^2 * V_{i0}^3 = \text{МВт}, \quad (1)$$

где ρ = 1,2 кг/м^3 – плотность воздуха.

Вертикальные струи воздуха именно таких выходных параметров, согласно оценке Пристли [7], могут достигать в условиях неустойчивой стратификации атмосферы высот 2 км и более, имея на этой высоте максимальную скорость V_{i2} = 4,5 м/с (рис. 6).

Параметры ВТО. Оценим стабильные видимые размеры ВТО (в форме сектора) [8], приняв:

1) условное время оптического существования «вещества» зонтика ВТО τ_1 = 24 ч,

2) изменение водосодержания морского воздуха (η_w ~ 25 г/м^3) при образовании ледяного перистого облака (η_{ci} ~ 0,01 г/м^3 = η_w/2500) обусловлено рассредоточением 1:2500 воздушной массы ВТО на высоте свыше 6 км.

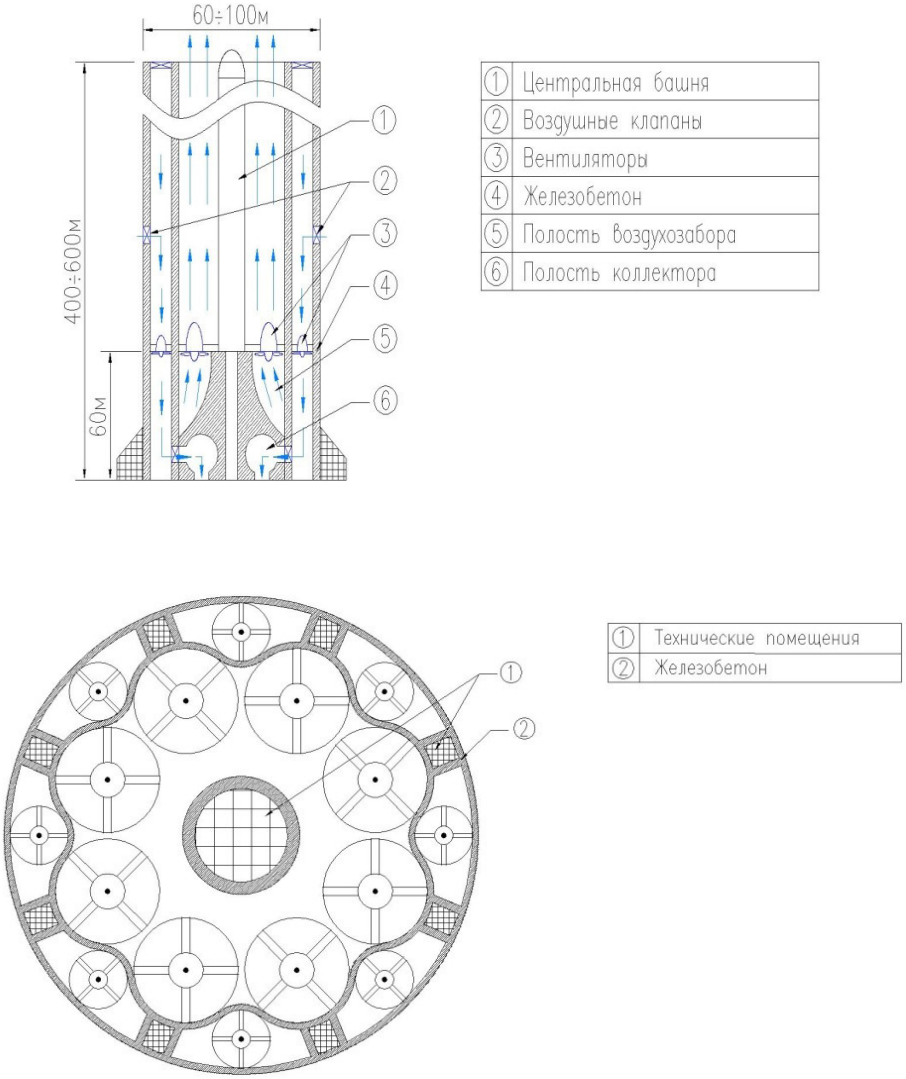

Рис. 4. Вид инжектора кулера в осевом (а) и поперечном (б) сечениях

Fig. 4. View of the cooler injector in axial (a) and transverse (b) sections

Очевидно, объем ВТО, с учетом рассредоточения (1:2500) в перистую облачность составит за сутки:

$$V_{ВТО} = Q_A*\tau_1 = 50000\ (м^3/с)*24*3600\ (с)*2500 = 10800\ (км^3).$$

При характерной толщине перистого облака h_{ci} = 100-400 м [8] площадь ВТО и экранируемой территории достигнет:

$$S_{ВТО} = V_{ВТО} / h_{ci} = 100\text{-}28\ тыс.\ км^2. \quad (2)$$

а) б)

Рис. 5. Блоки аэротермического кулера с различным количество инжекторов: а – с 6 (прибрежное материковое или островное базирование) и б – с 3 (прибрежно-полуостровное базирование)

Fig. 5. Blocks of an aerothermal cooler with a different number of injectors: a – with 6 (coastal mainland or island-based) and b – with 3 (coastal-peninsular base)

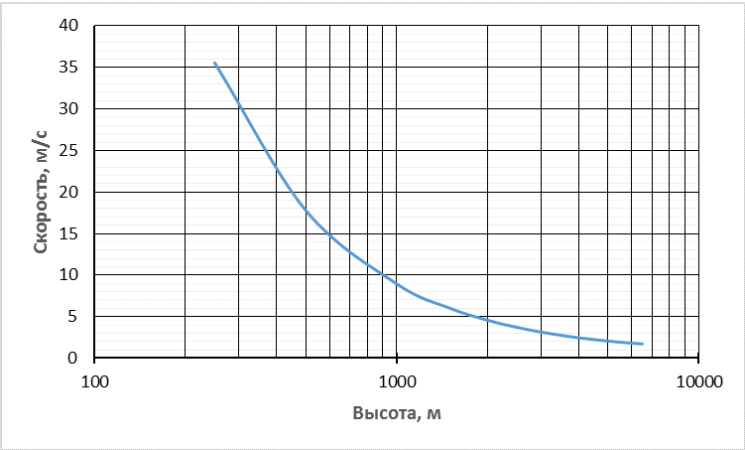

Рис. 6. Зависимость максимальной скорости струи воздуха из сопла инжектора аэротермического кулера от высоты подъема (для вертикальной воздушной струи в нестратифицированной атмосфере)

Fig. 6. The dependence of the maximum velocity of the air jet from the nozzle of the aerothermal cooler injector on the lifting height (for a vertical air jet in an unstratified atmosphere)

Глубина распространения ВТО по континенту $R_{ВТО}$ для диапазона скорости высотного ветра (и соответственно ВТО) $V_{ВТО}$ = 5-30 м/с, равна:

$$R_{ВТО} = 24*3600\ (с)*V_{ВТО}\ (м/с) = 430\text{-}2580\ км.$$

В зависимости от требуемой величины площади ослабления солнечной нагрузки на территории, экранируемой ВТО, и количества инжекторов, в качестве источника энергии для электровентилляторов могут использоваться типовые европейские ТЭЦ и АЭС мощностью 100-1000 МВт.

Аэротермический кулер и башенная градирня

Инжекторами кулера [6] могут также быть одна или несколько башенных градирен АЭС (рис. 2), модернизированных для функций совмещения теплового сброса и генерации зонтичной ВТО. Модернизация градирни состоит в оснащении ее башни блоками электровентиляторов необходимой производительности для обеспечения расхода и скорости воздуха на выходе из сопла, достаточной для быстрого прохождения барьерного слоя приземного ветра и нижней тропосферной облачности, т.е. для динамического подъема воздуха градирни на высоту свыше 2 км. Дальнейший подъем воздуха из градирни на высоту геострофического ветра (свыше 6 км) будет происходить путем естественного всплытия воздушной струи (рис. 1) вследствие существенной разности температур воздуха из градирни и окружающего воздуха.

Перспективным вариантом градирни, обеспечивающей экологическую чистоту среды ВТО и минимальный расход пресной воды, представляется башенная «сухая» градирня [9–10], поставляющая в атмосферу только тепловую энергию.

Для круглогодичной эксплуатации аэротермического кулера целесообразно предусмотреть также сохранение возможности функционирования модернизированной градирни при отключении функции генерации ВТО в холодное время года. Инжекторы могут быть оборудованы системой контроля генерируемой воздушной струи на соответствие экологическим требованиям для градирен Европы.

Размещение блоков аэротермического кулера для региональной коррекции климата Европы

Проблемная территория Европы (от Португалии до Черного моря) составляет примерно 70-85% от всей площади Европы или ~8 млн. км^2. Для экранирования с помощью ВТО такой территории может потребоваться, согласно условию (2), около 60 инжекторов, сгруппированных в 15 кулеров. Примерные места расположения в Европе кулеров и ВТО, с учетом близости акваторий морей и направления высотного (более 6 км) ветра, указаны на онлайн карте Розы высотных ветров [11] Европы (рис. 7).

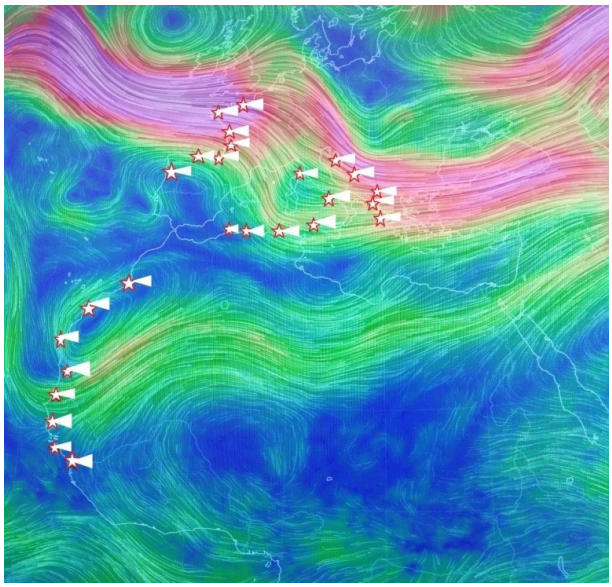

Рис. 7. Схема расположения европейской группировки в составе 10 аэротермических кулеров с 40 инжекторами для охлаждения проблемных регионов Европы от Португалии до Черного моря.

Fig. 7. The layout of the European grouping consisting of 10 aerothermal coolers with 40 injectors for cooling the problem regions of Europe from Portugal to the Black Sea

Необходимо также с помощью кулеров на побережье Атлантики уменьшить солнечный нагрев территории северо-африканской пустыни Сахары – источника больших объемов горячего воздуха, песка и пыли, транспортируемых в различных направлениях на другие континенты вплоть до бассейна реки Амазонки.

В зависимости от остроты негативных эффектов аномального потепления возможна актуализация мест расположения кулеров на карте Европы и последовательности их организации. Учитывая, что максимальная протяженность Пиренейского полуострова площадью около 600 тыс. км^2 с запада на восток составляет 1200 км и его нахождение между Атлантическим океаном и Средиземным морем, наличие европейских пустынь (Табернас, Монегрос и др.), целесообразно применение ВТО для охлаждения Испании с размещением кулеров вблизи ТСЭС на Атлантическом побережье Испании и Португалии. При этом возможно размещение кулеров на Канарских островах для повышения эффективности работы западно-африканской группы кулеров. АЭС атлантического побережья Франции могут быть особенно эффективны для масштабного экранирования ВТО территории Европы при расширении зоны глобального потепления от Сахары до Балтийского моря.

Преимущества и особенности кулера

Представленный принцип регулирования температуры приземной атмосферы и земной поверхности при работе кулера [5–6] примерно аналогичен деятельности гипотетически управляемого вулкана, выводящего в атмосферу исключительно чистые воздушные массы акватории морей, без пепла, колебаний почвы и инициирования цунами.

Облачно-атмосферная нагрузка наземного кулера на климат регионов полностью обратима, регулируема и подконтрольна, в отличие от внеземных и дорогостоящих аэрокосмических «линзовых», либо «экранных» способов регулирования солнечной радиации или какого-либо химико-токсичного воздействия на облачность и атмосферу Европы путем распыления аэрозолей на основе серы и других элементов [12–16].

Благодаря высотной «криогенной» дистилляции ВТО (аналогично природным высотным облакам морского происхождения) токсичное «заселение» защищаемой от солнца территории исключено.

Из-за охлаждения приземного воздуха при работе кулера для получения визуального затенения (экранирования) территории Европы вероятно поступление дождевой облачности со стороны морей и увеличение количества осадков в жаркое время года.

Струйный перенос больших объемов воздуха может сопровождаться низкочастотным шумовым фоном. Конструкция инжектора должна максимально компенсировать отрицательные акустические эффекты.

Зона струйного переноса воздуха (радиусом несколько километров вокруг кулера) должна быть закрыта для беспилотников и авиации.

Общие риски использования в проекте кулера градирен, например, атомных электростанций в статье не рассматриваются. Очевидно, что рассеивание радионуклидов исключается полным контролем используемых воздушных масс и отключением электропитания инжектора при атомном инциденте.

Воздушные струи инжекторов аэротермического кулера возможно будут представлять опасность для птиц, летающих вблизи и над градирнями.

Анализируя экологические особенности применения кулеров при растущей угрозе перегрева, засухи, опустынивания и пожароопасности в Европе, необходимо учитывать безусловный приоритет обеспечения природного комфорта, ценности жизни и здоровья европейской цивилизации, как главные цели устойчивого развития.

Аэротермический кулер актуален уже сегодня

Кулер [17–19] целесообразно использовать для умеренного снижения максимальных летних (и среднегодовых) температур проблемных территорий Европы, а также для устранения дефицита пресной воды одновременно с решением задачи коррекции природного влагооборота. Влияние работы кулера может ощущаться на значительном расстоянии (предварительно 1000 км) от берега.

Кулер с инжекторами-градирнями полностью управляем, позволяет менять структуру и оптическую прозрачность ВТО, а также характеристики своей работы вплоть до прекращения генерации зонтичной ВТО, продолжая эксплуатацию по промышленной конденсации атмосферной влаги для поставки чистой природной воды хозяйственно-питьевого назначения [6, 18–21].

Высотная облачность, генерируемая наземным кулером, обладает системно регулируемой человеком плотностью и площадью зонтичного покрытия территории. Это не осуществимо другими методологиями формирования и управления облачностью [13–14].

Отметим, что бесперебойный цикл работы кулера на базе ТСЭС делает доступным использование атмосферной влаги морей для устранения статичности внутреннего влагооборота, когда выпадение осадков уже недостаточно за счет меньшей влаги, испарившейся с территориальных водоемов и земель биосферы (лесов, подвергаемых вырубке) со снижающимся влагосодержанием почвы.

Перспективными для кулера [6] на базе ТСЭС являются территории не только Европы, но и растущих пустынь Австралии, Ирана, Индии, Северной и Южной Америки, Африки (прибрежная зона пустыни Сахара площадью 9 млн.км^2) и Азии при благоприятной Розе ветров со стороны моря (океана). Эти территории перегреты немного больше, чем пустыни и обезвоживающиеся земли Испании и южной Франции, для которых уже сейчас актуально использование бискайско-ламаншевской группы кулеров совместно с французскими АЭС, чтобы снизить максимальный летний перегрев в восточной и южной частях Европы относительно Франции.

Заключение

1. Проблема охлаждения Европы летом имеет решение путем управления температурой земной подстилающей поверхности и приземного воздуха с помощью высотной техногенной зонтичной облачности, используя для этого доступную атмосферную влагу акватории морей и не используемый значительный тепловой сброс европейских энергетических станций.

2. Техническую реализацию охлаждения Европы обеспечит наземный аэротермический кулер – стационарный энергетический комплекс для подготовки и заброса увлажненного воздуха на расчетную высоту 2 км и более при мобилизации возможностей европейской энергетики и неограниченных запасов пресной воды в виде пара в атмосфере над акваториями морей и Атлантического океана.

3. Размещение кулеров на территории юга и запада Европы (от Португалии до Адриатического моря) (рис. 7) обеспечит зонтичной облачностью территорию площадью ~6 млн. км^2. Для этого потребуется около 60 инжекторов, в составе 10-15 кулеров.

4. Аэротермический кулер является перспективной, и, вместе с тем, формирующейся зеленой мультидисциплинарной технологией для обеспечения целей устойчивого развития на базе современной атомной, тепловой и другой энергетики в зональном, региональном и глобальном формате. Уникальные возможности облачно-атмосферной «зеленой» технологии борьбы с перегревом и засухой актуальны не только для Европы, но и для множества проблемных территорий других континентов.

5. Кулер использует для коррекции климата абсолютно бесплатные средства: безграничную атмосферную влагу акватории морей и бесполезный для человечества и окружающей среды те-

пловой сброс энергетических станций. Строительство кулеров в Европе актуально было начать уже вчера, сегодня еще можно успеть, а завтра может оказаться поздно.

6. Зонтичная облачность перспективна для охлаждения обезвоженных земель и пустынь Испании при размещении кулеров на Атлантическом материковом и островном побережье Испании и Португалии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] **Котляков В.М.** Академическая география // Наука в России. 2008. № 4. С. 40–49.

[2] Пар из градирен самой большой в Германии атомной электростанции «Gundremmingen». [Электронный ресурс]. URL: https://cs5.pikabu.ru/postimg/big/2014/07/11/6/1405068839170083154 6.jpg.

[3] **Беспалов Д.П., Девяткин А.М., Довгалюк Ю.А., Кондратюк В.И., Кулешов Ю.В., Светлова Т.П., Суворов С.С., Тимофеев В.И.** Атлас облаков. – СПб: Д`АРТ, 2011. – 248 с.

[4] **Григорьев Н.О., Саенко А.Г.** Оценка прозрачности перистых облаков на основе анализа спутниковых фотографий. – Материалы итоговой сессии Ученого совета. – СПб.: Изд. Российского Государственного Гидрометеорологического Университета (РГГМУ), 2005. – 224 с.

[5] **Рогожкин В.В., Горынин В.И., Мишин Е.Б., Коленов Е.В., Минкин А.И.** COOLERs – Новое средство для обводнения пустыни. Сб. материалов Всероссийской конференции изобретателей «Изобретатели России в импортозамещении». – СПб: Изд. Политехнического университета, 2018, с. 127–136.

[6] Патент на изобретение RU 2734834 от 23.10.2020, Бюл. № 30, Кулер для регулирования климата / Рогожкин В.В., Коленов Е.В., Горынин В.И., Шеволдин А.В.

[7] **Пристли С.Х.Б.** Турбулентный перенос в приземном слое атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1964. – 122 с.

[8] **Андреев А.О., Дукальская М.В., Головина Е.Г.** Облака: происхождение, классификация, распознавание. СПб.: Изд. РГГМУ, 2007. – 228 с.

[9] **Горбачев А.И., Кондратьева Т.Р., Казинки И.** Экологические предпосылки применения воздушно-конденсатных установок // Энергетик. 2000. Специальный выпуск. С. 22–24.

[10] **Сабо З.** Повышение эффективности сбережения воды в системах охлаждения электростанций // Энергетик. 2002. Спец. вып. С. 3–11.

[11] **Камерон Беккариа.** Глобальная карта ветров. 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://earth.nullschool.net/about.

[12] Пять невероятных способов остановить глобальное потепление с помощью геоинженерии. 2012. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ecobyt.ru/article/ 121112/457/.

[13] **Йорио Луиджи.** Управление климатом как инструмент борьбы с глобальным потеплением. 2014. [Электронный ресурс]. URL: https://www-swissinfo.ch/rus/sci-tech/ 40807950.

[14] **Lohman U., Gasparini B.A.** Cirrus cloud climate dial? // Science. 2017. V. 357. P. 248–249.

[15] Smith W., Wagner G. Stratospheric aerosol injection tactis and costs in the first 15 2021s of deployment // Environmental Research Letters. 2018. V. 13. № 12. Art. 124001.

[16] Ricke K., Drouet L., Kalderia K., Tavoni M. Country-level social cost of carbon // Nature Climate Change. 2018. V. 8. P. 895-900.

[17] Патент на изобретение RU 2504417 C1 от 20.01.2014, Бюл. № 2 Атомно-энергетический комплекс / Рогожкин В.В., Мошков К.В., Вализер Н.А., Потапов К.А.

[18] **Горынин В.И., Рогожкин В.В., Кондратьев С.Ю., Мишин Е.Б., Коленов Е.В.** Технология и средства конденсации атмосферной влаги морей для производства пресной воды // Вестник машиностроения. 2019. № 7. С. 84–88.

[19] **Горынин В.И., Кондратьев С.Ю., Рогожкин В.В., Мишин Е.Б., Коленов Е.В.** Конденсация атмосферной влаги акватории моря для поточного производства природной пресной воды // Материаловедение. Энергетика. 2020. Т. 26. С. 23–35.

[20] **Горынин В.И., Рогожкин В.В., Кондратьев С.Ю., Мишин Е.Б., Коленов Е.В., Шеволдин А.В.** Кулер для регулирования климата – решение проблемы пустыни // Материаловедение. Энергетика. 2021. Т. 27. № 2. С. 23–37.

[21] **Горынин В.И., Рогожкин В.В., Ланин А.А., Туркбоев А.** Особенности проектирования и выбора материалов при изготовлении блоков конденсера для производства природной пресной воды // Научно-технические ведомости СПбГУ. Естественные и инженерные науки. 2018. Т. 24. № 2. С. 140–148.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

РОГОЖКИН Владимир Владимирович – *главный специалист, АО "Атомпроект", канд. физ.-мат. наук.*
E-mail: vvrogozhkin@atomproekt.com

ГОРЫНИН Владимир Игоревич – *начальник лаборатории, Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», д-р техн. наук.*
E-mail: vigorynin@gmail.com

КОНДРАТЬЕВ Сергей Юрьевич – *профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, д-р техн. наук.*
E-mail: petroprom2013@yandex.ru

МИШИН Евгений Борисович – *директор Московского проектного института, Московский проектный институт АО «Атомэнергопроект», канд. техн. наук.*
E-mail: mishin@aep.ru

КОЛЕНОВ Евгений Викторович – *ведущий конструктор, ПАО «Силовые машины», без степени.*
E-mail: evkol50@gmail.com

ШЕВОЛДИН Алексей Вячеславович – *ведущий инженер, Санкт-Петербургский филиал Московского проектного института АО «Атомэнергопроект», без степени.*
E-mail: avshev@gmail.com

Дата поступления статьи в редакцию: 26.07.2021

REFERENCES

[1] **V.M. Kotlyakov,** Akademicheskaya geografiya // Nauka v Rossii. 2008. № 4. S. 40–49.

[2] Par iz gradiren samoy bolshoy v Germanii atomnoy elektrostantsii «Gundremmingen». [Elektronnyy resurs]. URL: https://cs5.pikabu.ru/postimg/big/2014/07/11/6/1405068839170083154 6.jpg.

[3] **D.P. Bespalov, A.M. Devyatkin, Yu.A. Dovgalyuk, V.I. Kondratyuk, Yu.V. Kuleshov, T.P. Svetlova, S.S. Suvorov, V.I. Timofeyev,** Atlas oblakov. – SPb: D`ART, 2011. – 248 s.

[4] **N.O. Grigoryev, A.G. Sayenko,** Otsenka prozrachnosti peristykh oblakov na osnove analiza sputnikovykh fotografiy. – Materialy itogovoy sessii Uchenogo soveta. – SPb.: Izd. Rossiyskogo Gosudarstvennogo Gidrometeorologicheskogo Universiteta (RGGMU), 2005. – 224 s.

[5] **V.V. Rogozhkin, V.I. Gorynin, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov, A.I. Minkin,** COOLERs – Novoye sredstvo dlya obvodneniya pustyni. Sb. materialov Vserossiyskoy konferentsii izobretateley «Izobretateli Rossii v importozameshchenii». – SPb: Izd. Politekhnicheskogo universiteta, 2018, s. 127–136.

[6] Patent na izobreteniye RU 2734834 ot 23.10.2020, Byul. № 30, Kuler dlya regulirovaniya klimata / Rogozhkin V.V., Kolenov Ye.V., Gorynin V.I., Shevoldin A.V.

[7] **S.Kh.B. Pristli,** Turbulentnyy perenos v prizemnom sloye atmosfery. – L.: Gidrometeoizdat, 1964. – 122 s.

[8] **A.O. Andreyev, M.V. Dukalskaya, Ye.G. Golovina,** Oblaka: proiskhozhdeniye, klassifikatsiya, raspoznavaniye. SPb.: Izd. RGGMU, 2007. – 228 s.

[9] **A.I. Gorbachev, T.R. Kondratyeva, I. Kazinki,** Ekologicheskiye predposylki primeneniya vozdushno-kondensatnykh ustanovok // Energetik. 2000. Spetsialnyy vypusk. S. 22–24.

[10] **Z. Sabo,** Povysheniye effektivnosti sberezheniya vody v sistemakh okhlazhdeniya elektrostantsiy // Energetik. 2002. Spets. vyp. S. 3–11.

[11] Kameron Bekkaria. Globalnaya karta vetrov. 2018. [Elektronnyy resurs]. URL: https://earth.null-school.net/about.

[12] Pyat neveroyatnykh sposobov ostanovit globalnoye potepleniye s pomoshchyu geoinzhenerii. 2012. [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.ecobyt.ru/article/ 121112/457/.

[13] **Yorio Luidzhi,** Upravleniye klimatom kak instrument borby s globalnym potepleniyem. 2014. [Elektronnyy resurs]. URL: https://www-swissinfo.ch/rus/sci-tech/ 40807950.

[14] **U. Lohman, B.A. Gasparini,** Cirrus cloud climate dial? // Science. 2017. V. 357. Pp. 248–249.

[15] **W. Smith, G. Wagner,** Stratospheric aerosol injection tactis and costs in the first 15 years of deployment // Environmental Research Letters. 2018. V. 13. № 12. Art. 124001.

[16] **K. Ricke, L. Drouet, K.,Kalderia, M. Tavoni,** Country-level social cost of carbon // Nature Climate Change. 2018. V. 8. P. 895-900.

[17] Patent na izobreteniye RU 2504417 C1 ot 20.01.2014, Byul. № 2 Atomno-energeticheskiy kompleks / Rogozhkin V.V., Moshkov K.V., Valizer N.A., Potapov K.A.

[18] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, S.Yu. Kondratyev, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov,** Tekhnologiya i sredstva kondensatsii atmosfernoy vlagi morey dlya proizvodstva presnoy vody // Vestnik mashinostroyeniya. 2019. № 7. C. 84–88.

[19] **V.I. Gorynin, S.Yu. Kondratyev, V.V. Rogozhkin, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov,** Kondensatsiya atmosfernoy vlagi akvatorii morya dlya potochnogo proizvodstva prirodnoy presnoy vody // Materialovedeniye. Energetika. 2020. T. 26. C. 23–35.

[20] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, S.Yu. Kondratyev, Ye.B. Mishin, Ye.V. Kolenov, A.V. Shevoldin,** Kuler dlya regulirovaniya klimata – resheniye problemy pustyni // Materialovedeniye. Energetika. 2021. T. 27. № 2. S. 23–37.

[21] **V.I. Gorynin, V.V. Rogozhkin, A.A. Lanin, A. Turkboyev,** Osobennosti proyektirovaniya i vybora materialov pri izgotovlenii blokov kondensera dlya proizvodstva prirodnoy presnoy vody // Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGU. Yestestvennyye i inzhenernyye nauki. 2018. T. 24. № 2. C. 140–148.

THE AUTHORS

ROGOZHKIN Vladimir V. – *JSC "Atomproekt".*
E-mail: vvrogozhkin@atomproekt.com

GORYNIN Vladimir I. – *Central Research Institute of Structural Materials "Prometey".*
E-mail: vigorynin@gmail.com

KONDRATYEV Sergey Yu. – *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.*
E-mail: petroprom2013@yandex.ru

MISHIN Evgeniy B. – *JSC "Atomenergoproekt".*
E-mail: mishin@aep.ru

KOLENOV Evgeniy V. – *PJSC "Power machines".*
E-mail: evkol50@gmail.com

SHEVOLDIN Aleksey V. – *JSC "Atomenergoproekt", St-Petersburg Branch.*
E-mail: avshev@gmail.com

Received: 26.07.2021

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021