

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ОГОЛОВКА ДЫМОВОЙ ТРУБЫ ЭНЕРГОЦЕНТРА ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ АССИМИЛЯЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ПИТОМНИКАХ РАСТЕНИЙ

Карпова Е.В. (ИТМО)

Научный руководитель – доцент Уваров Р.А. (ИТМО)

Введение. Современные центры обработки данных (ЦОД) являются крупными потребителями электроэнергии, что влечет за собой значительные выбросы диоксида углерода, или углекислого газа (CO_2) при использовании автономных источников энергоснабжения [1]. Одним из перспективных решений для снижения экологической нагрузки является утилизация выбросов CO_2 путем их направленного использования в питомниках плодово-ягодных и декоративных культур, где газ будет являться дополнительным ресурсом для фотосинтетической активности растений [2].

Настоящее исследование посвящено проектированию оголовка дымовой трубы ЦОД, предназначенного для управляемого рассеивания CO_2 в контролируемых концентрациях над питомниками растений, ориентированных на выращивание деревьев. Основное внимание уделено разработке различных конфигураций оголовка, их аэродинамическому моделированию и анализу эффективности распределения газа в зависимости от конструктивных параметров. Постановщиком задачи являются Бюро Техники и НИИУРС.

Основная часть. С помощью математического моделирования решены следующие два типа задач:

1. Задачи по оптимизации конструкции оголовка для направленного рассеивания CO_2 .

В данном исследовании рассматриваются аэродинамические характеристики потока углекислого газа, выходящего из оголовка дымовой трубы энергоцентра. Оптимизация конструкции направлена на обеспечение равномерного распределения CO_2 в питомниках растений при заданных параметрах скорости выброса, высоты установки и геометрии выпускных каналов. Для анализа используется CFD-моделирование, позволяющие оценить влияние конструктивных параметров оголовка на поведение потока [3].

2. Задачи по анализу стабильности и направленности газового потока.

В процессе выброса CO_2 из дымовой трубы формируются сложные аэродинамические структуры, включающие зону начального истечения, область смешивания с окружающим воздухом и конечную зону распределения газа. Исследование направлено на анализ устойчивости этих структур в зависимости от внешних факторов (скорость и направление ветра, температура окружающей среды) и разработку методов повышения контролируемости выброса [4].

Дополнительно задачи второго типа можно разделить на две по характеру воздействия внешних факторов:

1. Когда изменение траектории выброса связано с турбулентностью внешнего потока воздуха, что может привести к неравномерному распределению CO_2 и его концентрации в отдельных участках питомника. В таких случаях необходимо учитывать влияние ветровых нагрузок и геометрии оголовка для коррекции направления выброса [5].

2. Когда формирование газового потока обусловлено аэродинамическими эффектами, возникающими при взаимодействии струи с внешней средой. В частности, при наличии отрыва пограничного слоя или эффекта Коанда возможно изменение направленности выброса и появление зон с высокой концентрацией CO_2 , что требует оптимизации конструкции оголовка для обеспечения его стабильной работы [6].

Рассмотренные аспекты являются ключевыми для проектирования эффективных систем утилизации выбросов CO_2 , обеспечивающих их направленную ассимиляцию в питомниках с

растениями. Интенсификация фотосинтетической активности в условиях повышенной концентрации CO₂ (до 700 ppm) способствует увеличению темпов биомассообразования растений на 20–40%, что обеспечивает не только повышение продуктивности фотосинтеза, но и снижение экологического воздействия антропогенных выбросов парниковых газов [7].

Выводы. Проведено проектирование и моделирование оголовка дымовой трубы энергоцентра для управляемой ассимиляции CO₂ в питомниках. Разработана методика оценки равномерности распределения углекислого газа с учетом аэродинамических характеристик потока.

В ходе сравнительного анализа конструктивных конфигураций оголовка, выявлены оптимальные параметры, влияющие на стабильность и направленность выброса:

- угол наклона боковых стенок оголовка – оптимальный диапазон 15–25°;
- скорость выброса газа 5–7 м/с для достижения наибольшей равномерности концентрации CO₂ в питомнике;
- высота установки выпускных отверстий – 2,5 м от верхнего уровня конструкции, для снижения концентрации газа в локальных зонах.

Предложенное решение может быть использовано для снижения углеродного следа центров обработки данных и интеграции промышленных выбросов в биологические системы. Запланированы натурные испытания систем управления выбросами CO₂.

Список использованных источников:

1. Energy Hogs: Can World's Huge Data Centers Be Made More Efficient? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e360.yale.edu/features/energy-hogs-can-huge-data-centers-be-made-more-efficient> (дата обращения: 1.08.2024).

2. Нурлыбаев, А. Н. Использование углекислого газа в сельскохозяйственных теплицах: новый подход, основанный на биоэнергетике с системами улавливания углерода в рамках взаимосвязи энергии, воды и продуктов питания / А. Н. Нурлыбаев. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 34 (481). — С. 42-45. — URL: <https://moluch.ru/archive/481/105581/> (дата обращения: 1.08.2024).

3. Исахов А.А., Машенкова А.И. Численное моделирование распространения загрязняющих веществ с тепловой электростанции при нестационарных метеоусловиях // *Dulaty University Bulletin*. – 2023. – №1. – С. 58–70. – URL: <https://journals.dulaty.kz/images/archive/dulaty/num1/58-70.pdf> (дата обращения: 08.02.2025).

4. Григорьев И.В. Исследование и оптимизация аэродинамики газоходов и дымовых труб ТЭС: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МЭИ, 2018. – 156 с. – URL: <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-i-optimizatsiya-aerodinamiki-gazokhodov-i-dymovykh-trub-tes> (дата обращения: 08.01.2025).

5. Куфтырев, К. А. Исследование процесса ассимиляции атмосферой токсичных компонентов дымовых газов котла / К. А. Куфтырев, Д. В. Королев // *Проблемы региональной экологии*. – 2014. – № 4. – С. 131-136. – EDN TBFBAH.

6. Каллэ В. Моделирование загрязнения воздуха в CFD // *STEP Media*. – URL: <https://step.ru/media/opinions/modelirovanie-zagryazneniya-vozdukha-v-cfd/> (дата обращения: 08.01.2025).

7. Хуан, Б., Сюй, И. Клеточные и молекулярные механизмы регуляции роста растений и адаптации к стрессу при повышенной концентрации CO₂ 26 [Электронный ресурс] // *ResearchGate*, 2015. – URL: https://www.researchgate.net/publication/279249700_Cellular_and_Molecular_Mechanisms_for_Elevated_CO2_Regulation_of_Plant_Growth_and_Stress_Adaptation (дата обращения: 20.05.2024).