

УДК 621.548; 697.1

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ФРИКЦИОННОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ ФРЕЙМОВОЙ МОДЕЛИ

Е. М. Дербасова, Е. М. Бялецкая, Р. В. Муканов

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

В связи с высоким ростом тарифов на органическое топливо, возникает необходимость в создании новых теплоэнергетических технологий с использованием альтернативных видов энергии. Перспективным направлением в данной области является разработка ветровых энергоэффективных теплогенераторов. В данной статье исследован процесс прямого преобразования энергии ветра в тепловую с целью выявления показателей для повышения эффективности производства тепловой энергии с помощью системы показателей работы ветрогенератора, представлена методика определения основных конструктивных параметров фрикционного механического жидкостного теплового генератора, схема которого разработана авторами статьи и запатентована. Разработанная фреймовая модель позволяет при известных конструктивных параметрах ВЭУ получить для различных скоростей ветра механические и энергетические характеристики, обеспечивающие максимум использования энергии ветра.

Ключевые слова: ветрогенератор, топливо, тепловая энергия, температура, высоковязкая жидкость, методика оценки, фреймовая модель, показатель качества.

METHODOLOGY FOR ESTIMATING OPERATION PARAMETERS OF A HYDRAULIC FRICTION WIND GENERATOR BASED ON A FRAME MODEL

E. M. Derbasova, E. M. Bialeckaya, R. V. Mukanov

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

Due to the high growth of tariffs for fossil fuels, there is a need to create new heat and power technologies using alternative types of energy. A promising area in this area is the development of wind energy-efficient heat generators. This article explores the process of direct conversion of wind energy into thermal energy with the aim of identifying indicators to increase the efficiency of thermal energy production using a system of wind generator performance indicators, presents a methodology for determining the main structural parameters of a frictional mechanical liquid heat generator, the scheme of which was developed by the authors of the article and patented. The developed frame model makes it possible to obtain mechanical and energy characteristics for various wind speeds with the known design parameters of wind turbines, ensuring maximum use of wind energy.

Keywords: wind generator, fuel, thermal energy, temperature, highly viscous liquid, estimation procedure, frame model, quality indicator.

Введение

В настоящее время, рынок природного газа показывает существенный рост. По данным Министерства энергетики, в России за прошлый год было добыто 733 миллиарда кубических метров голубого топлива, а за первый квартал 2019-го объемы добычи увеличились на 3,3% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года [1]. Среднерыночная цена на газообразное топливо для всех категорий потребителей повысилась за 2016 - 2019 годы в 1,8 по сравнению с 2014 года, а к 2022 году еще на 16 % по сравнению с 2016 года.

Стабильный рост цен на органическое топливо, непрерывно растущие выбросы опасных для человека веществ, которые образуют при сжигании ископаемого топлива, делают все перспективным, с экологической и экономической точек зрения, использование возобновляемых и альтернативных источников энергии (ВИЭ). Одним из наиболее востребованных в системах тепловой и электрической генерации ВИЭ является кинетическая энергия ветрового потока.

Энергия ветра неисчерпаема до тех пор, пока существует солнечная радиация и атмосфера. Важным достоинством является и то, что она относится к наиболее чистым с экологиче-

ской точки зрения источникам энергии. Без сомнения, использование ветровой энергии, также, как и других нетрадиционных возобновляемых (неисчерпаемых) источников энергии, будет непрерывно возрастать.

В некоторых наиболее развитых странах мира к числу которых относятся США, Канада, Швеция, Нидерланды и ряд других стран, ветроэнергетика, в настоящее время, дает свыше 10 % всей электроэнергии. Достаточно широко энергия ветра используется для водоподъема, осушения подтапливаемых территорий, а также для теплоснабжения и опреснения [2].

Отечественный и мировой опыт показывает, что наиболее эффективно энергия ветра может использоваться для водоснабжения, теплоснабжения и электроснабжения автономных объектов, удаленных от централизованных систем водоснабжения и энергоснабжения, а также в ветроэнергоактивных зданиях, расположенных в районах городской застройки [3].

Оценка ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветровых энергетических установок (ВЭУ) и, в частности, определение состава климатической информации осуществляются в соответствии с РД 52.04.275-89 [4].

Основная часть

В основе современной энергетики лежит использование топливных энергоресурсов (ТЭР), главными из которых являются природный газ, нефть и уголь. Они применяются также и во многих других отраслях народного хозяйства: в промышленности, на транспорте, в строительстве, в жилищно-коммунальном и в сельском хозяйстве. На нужды теплоснабжения, в настоящее время, как в России, так и во многих других странах мира с аналогичными природно-климатическими условиями затрачивается до 40 % добываемых ТЭР.

Объектом исследования является теплоэнергетическая технология и источник тепловой энергии (ветротеплогенератор), используемый в теплоэнергетических комплексах.

Цель исследования заключается в исследовании процесса прямого преобразования энергии ветра в тепловую с целью выявления показателей для повышения эффективности производства тепловой энергии с помощью системы показателей работы ветрогенератора.

Обычно энергия ветра в ветроэнергетической установке на первом этапе преобразуется в электрическую, а лишь затем в тепловую в электрических котлах или других устройствах на основе электрических ТЭНов [1,3,5-6]. Этот процесс неэффективен не только с точки зрения экономики (комплекты для сборки электрических генераторов достаточно дороги), но и с точки зрения эффективности расхода полученной энергии (при трансформации из одного вида энергии в другой имеют место потери, которые уменьшают эффективность работы установок).

Наиболее рациональным, по нашему мнению, представляется прямое преобразование кинетической энергии ветрового потока в тепловую посредством трения маловязкой жидкости (вода) в пространстве между вращающимися дисками и неподвижным по отношению к дискам корпусу [7-8]. При этом механический тепловой генератор одновременно является и центробежным насосом.

Предложенный вариант ветротеплогенератора отличается от наиболее близкого прототипа тем, что в нем энергия ветрового потока непосредственно трансформируется в тепловую энергию за счет сил трения высоковязкой жидкости (например, трансформаторное масло) между неподвижными, закрепленными в корпусе теплогенератора дисками и вращающимися дисками, которые приводятся в действие ветроколесом. Значительно более высокая вязкость масла позволяет получить значительно более высокое удельное выделение тепла и повышение температуры циркулирующего теплоносителя при прочих равных условиях. Результаты экспериментальных исследований гидро- и термодинамики механических теплогенераторов позволили разработать ме-

тодику определения основных конструктивных параметров фрикционного механического жидкостного теплового генератора [9].

Схема ветротеплогенератора в которой нагревается высоковязкая жидкость между подвижными и неподвижными дисками показана на рис. 1. Также возможна работа гидравлического теплогенератора совместно с солнечными гелиоколлекторами и с выработкой электрической энергии. Расчетная схема ветрового фрикционного гидравлического генератора показана на рис. 2.

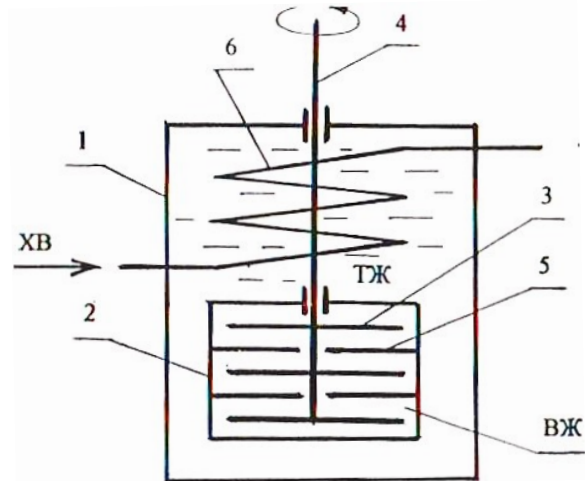


Рис. 1. Механический теплогенератор на основе жидкостного трения:

1 – бак аккумулятор тепла; 2- корпус ветротеплогенератора; 3-подвижные диски; 4-осевой вал; 5-неподвижные диски, закрепленные на корпусе; 6-погружной теплообменный аппарат; ТЖ-теплоаккумулирующая жидкость; ВЖ-высоковязкая жидкость; ГВ-горячая вода ХВ-холодная вода

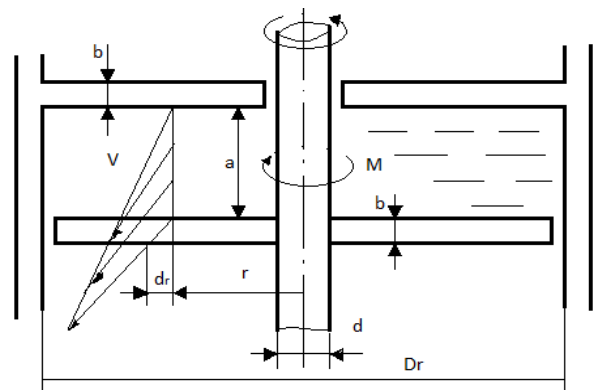


Рис. 2. Расчетная схема механического теплогенератора

Тепловая мощность установки может быть вычислена по формуле [9]

$$Q = \pi^2 \cdot n^2 \cdot \mu \cdot H \cdot D_r / 7200 \cdot (a + b) \cdot a, \quad \text{Вт} \quad (1)$$

где n – частота вращения ротора теплогенератора, об/мин;

D, H – диаметр и высота корпуса теплогенератора, м;

μ – динамическая вязкость жидкости, $\text{Н} \times \text{с} / \text{м}^2$;

a – толщина подвижного диска, м;

b – расстояние между неподвижным и подвижным дисками, м.

Следует отметить, что для большого числа высоковязких жидкостей динамический и кинематический коэффициенты вязкости очень сильно зависят от их температуры, данный факт необходимо учитывать при рассмотрении процессов теплообмена в жидкостных теплогенераторах.

Динамический коэффициент вязкости в соответствии с [9] может быть аппроксимирован до экспоненциальной зависимости вида:

$$\mu = \mu_0 \cdot e^{\beta \cdot \theta}, \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2 \quad (2)$$

β – эмпирически полученный коэффициент, который зависит от вида применяемой высоковязкой жидкости, $1/^\circ\text{C}$;

$\theta = t - t_{ж}$ – разность температур маловязкой и высоковязкой (промежуточный теплоноситель) жидкости, $^\circ\text{C}$.

Общий объем цилиндрического жидкостного ветротеплогенератора будет равен:

$$V = \pi \cdot H_1 \cdot D_1^2 / 4, \text{ м}^3 \quad (3)$$

Таким образом, мощность механического теплогенератора с учетом изменения вязкости жидкости можно определить из следующего выражения:

$$Q = \frac{\pi^2 \cdot n^2 \cdot D_r^2}{1800 \cdot (a + \epsilon) \cdot a} V \cdot \mu_0 \cdot e^{\beta \cdot \theta}, \text{ Вт} \quad (4)$$

или

$$Q = A \cdot V \cdot \mu_0 \cdot e^{\beta \cdot \theta}, \text{ Вт} \quad (5)$$

где A – параметр, зависящий от основных конструктивных и технологических параметров, определяемый по формуле:

$$A = \frac{\pi^2 \cdot n^2 \cdot D_r^2}{1800 \cdot (a + \epsilon) \cdot a}, \text{ Вт} / \text{м}^3 \quad (6)$$

Эксперименты, проведенные на лабораторной установке [9], подтвердили полученные зависимости и показали на весьма существенное (в 1,5-3 раза) снижение мощности ветротеплогенератора с повышением температуры и понижением вязкости высоковязкой жидкости.

Однако на практике не менее важны технико-экономические показатели работы устрой-

ства, сложность изготовления его узлов и условия эксплуатации.

Все эти вопросы можно проанализировать, создав фреймовую модель, то есть структуру данных для представления концептуального объекта на основе системы показателей качества работы ветрогенератора. Информация к каждому фрейму приводится в соответствующих ему слотах, то есть произвольных индикаторах.

Исследование проблем экономической эффективности находят отражение в работах авторов Шмойлова А.В., Гительмана Л. Д., Ратникова Б.Е., Козлова А.В., а вопросы технико-экономических показателей осязаны в работах авторов Горшкова А.С., Гуревича В.И., Коноваловой Е.В., Кузьмичева В. А., Захаренкова А.Ю.

В процессе работы ветроэнергоустановок участвуют [10]:

$$U = \langle Z, P, I, PU \rangle, \quad (7)$$

где U – участники процесса работы ветроэнергоустановок,

Z – заказчик,

P – потребитель,

I – исполнитель

PU – поставщик жилищно-коммунальных услуг (ЖКУ).

Все участники предъявляют требования к работе ветроэнергоустановок.

Множество требований представимо как

$$TR = \langle TZ, TP, TI, TPU \rangle, \quad (8)$$

где TR – группа требований, предъявляемых к работе ветроэнергоустановок,

TZ – требования заказчика,

TP – требования потребителя,

TI – требования исполнителя,

TPU – требования поставщиков ЖКУ.

Заказчик

Первой группой участников процесса обслуживания жилых домов являются потребители Z . Для выявления требований заказчика $\langle TZ_1, TZ_2, \dots \rangle$ проводим анализ требований к работе ветроэнергоустановок, разделенный на несколько этапов [1.100] (рис. 3).

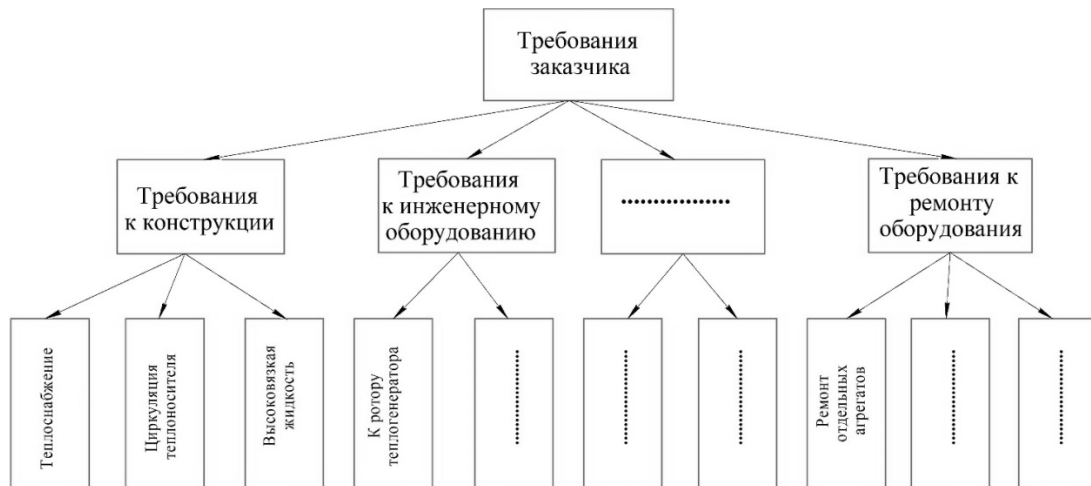


Рис. 3. Требования заказчика

2) Потребитель

Второй группой участников процесса обслуживания жилых домов являются потребители *P*. Для выявления требований потребителей $\langle TP_1, TP_2, \dots \rangle$ проводим анализ требований к работе ветроэнергоустановок, разделенный на несколько этапов [1.100] (рис. 4).

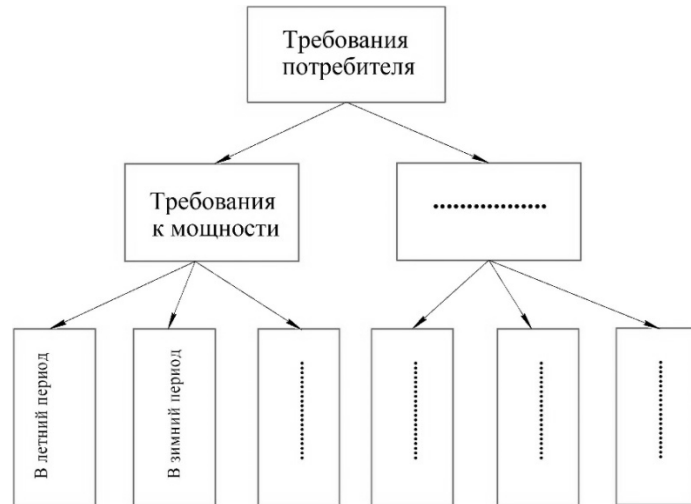


Рис. 4. Требования потребителя

3) Исполнитель

Третьей группой участников процесса обслуживания жилых домов являются потребители *I*. Для выявления требований исполнителя $\langle TI_1, TI_2, \dots \rangle$ проводим анализ требований к работе ветроэнергоустановок, разделенный на несколько этапов [1.100] (рис. 5).

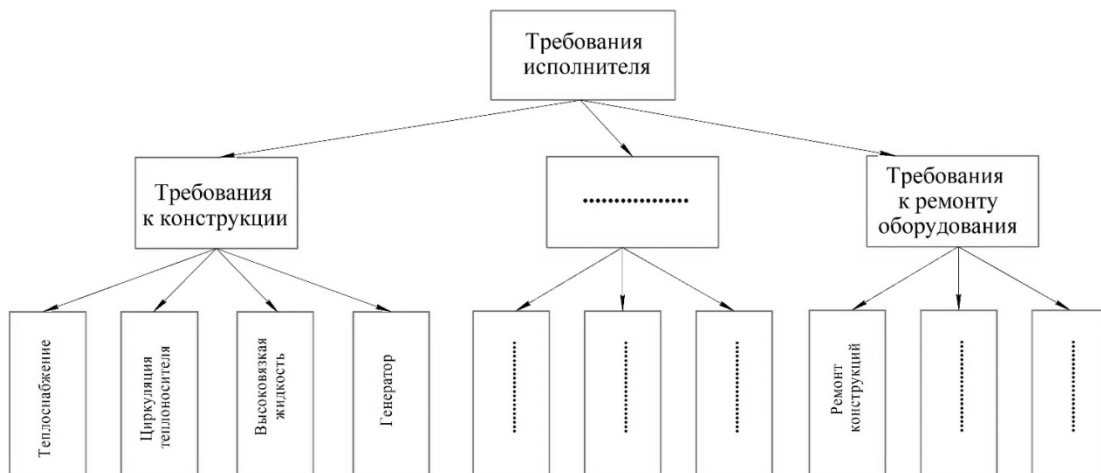


Рис. 5. Требования исполнителя

4) Поставщик ЖКУ

Четвертой группой участников процесса обслуживания жилых домов являются поставщики ЖКУ. Для выявления требований потребителей $\langle TP_{U1}, TP_{U2}, \dots \rangle$ проводим анализ требований к работе ветроэнергоустановок, разделенный на несколько этапов [1.100] (рис. 6).

Разработана структура системы требований качества и соответствующих им характеристик, позволяют создать модель оценки качества работы ветрогенератора в разрезе качества функционирования:

- первый уровень – оценка качества работы ветрогенератора;
- второй уровень – множество требований заинтересованных сторон;

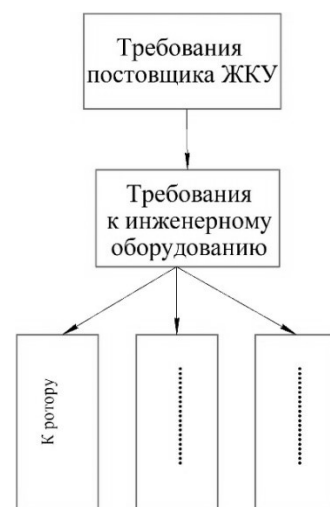


Рис. 6. Требования поставщиков ЖКУ

- третий уровень – виды работ ветрогенератора, соответствующие данным требованиям;
- четвертый уровень и пятый уровень – детализация элементов третьего уровня для оценок видов работ по их характеристикам.

Для управления, сбора, хранения, поиска и выдачи знаний о работе ветрогенератора разработана база знаний, содержащая фреймы для формирования причинно-следственного сценария. Знания о процедурах работы ветрогенератора предлагается хранить в виде простых

фреймов или функциональных фреймов, содержащих простые фреймы.

Для пополнения базы знаний предложен процесс формирования фреймов, оценки показателей работы ветрогенератора, формирования управляющих воздействий, отображенный на рис. 7, прилагаемый к проблеме повышения эффективности работы ветрогенератора. Слотами фреймов являются: значение показателя, причина, следствие, закономерность.

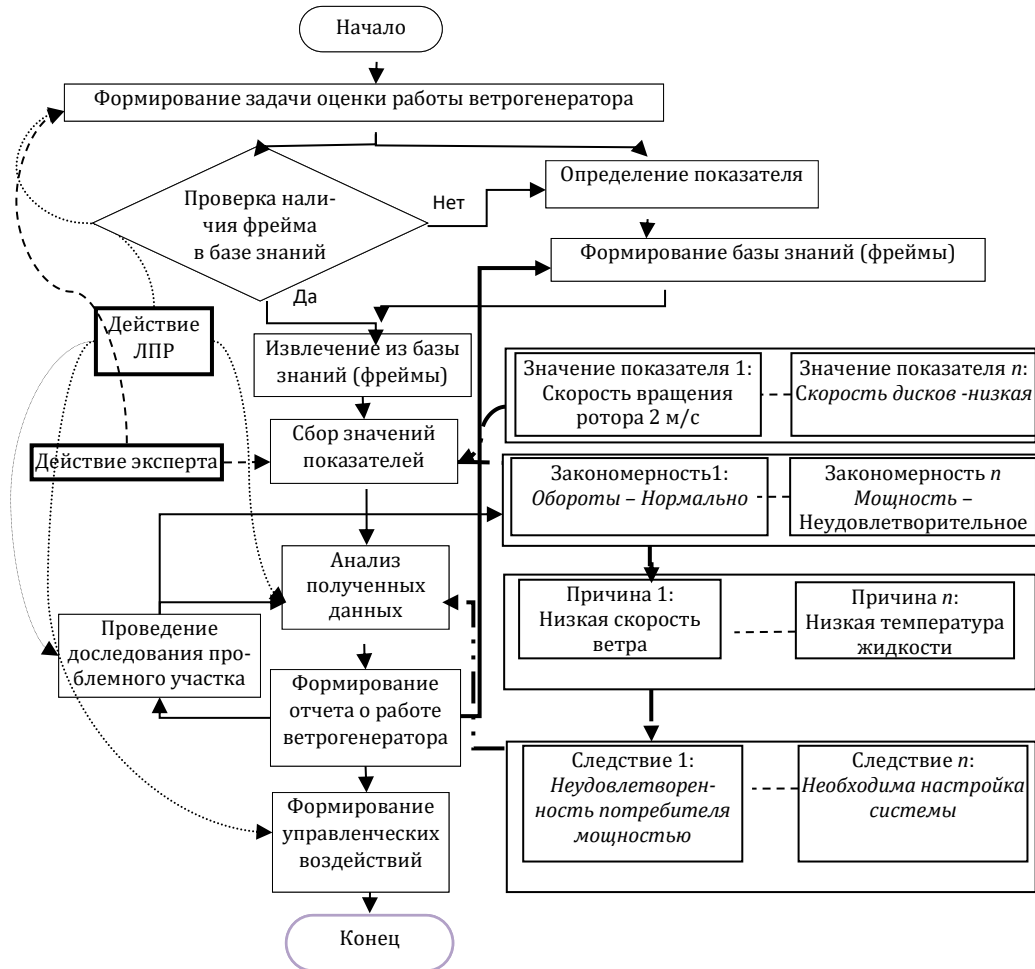


Рис. 7. Процесс формирования фреймов причинно-следственного сценария

Выявленные целевые множества показателей для решения отдельных задач оценивания работы ветрогенератора, представляющие собой структуры иерархического вида [1.10].

Результаты

Результаты вычислений по динамике ВЭУ могут быть использованы при разработке технического задания для разработки системы управления ветровой энергетической установкой. С помощью модели определен оптимальный закон управления и разработана система механического ветрогенератора, позволяющая повысить его энергоотдачу.

Разработанная модель позволяет при известных конструктивных параметрах ВЭУ получить для различных скоростей ветра механические и энергетические характеристики, обеспечивающие максимум использования энергии ветра.

Предложенная методика была апробирована путем сопоставления используемой методики оценки работы ветрогенератора с предложенной методикой оценки были выявлены следующие тенденции: сокращение времени на проведение исследования на 67%, затраты на обследование сократилось на 88%.

Список литературы

1. Нефть и газ, горное дело. Перспективы использования природного газа: чем его заменят в будущем? [Электронный ресурс] // [сайт]. [2019]. URL: <https://promdevelop.ru/perspektivy-ispolzovaniya-prirodnogo-gaza-chem-ego-zamenyat-v-budushhem/> (дата обращения: 15.11.2019).
2. Шишкин Н. Д. Эффективное использование возобновляемых источников энергии для автономного теплоснабжения различных объектов / Н. Д. Шишкин: моногр. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. 208 с.
3. Муканов Р. В. Исследование теплообмена при трансформации ветровой энергии в теплоту в механических теплогенераторах / Р. В. Муканов, Е. М. Дербасова, И. М. Трещева, О. Р. Муканова / Материалы XI международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов Перспективы развития строительного комплекса», г. Астрахань, 24-25 октября 2017 г./ Под общ. ред. В.А. Гутмана, Д.П. Ануфриева. – Астрахань – ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2017 – 276 с.
4. РД 52.04.275-89. Методические указания проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок. Зарегистрирован ЦКБ ГМП за № РД 52.04.275-89 от 16.08.90.
5. Муканов Р.В. Использование автоматизированных средств проектирования при реконструкции и модернизации тепловых сетей // Муканов Р.В., Мельников А.В., Муканова О.Р., Трещева И.М. / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Журнал: Перспективы развития строительного комплекса. Издательство: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (Астрахань). ISSN: 2310-2314. 2017. С. 43-46.
6. Дербасова Е.М. Совершенствование автономных систем теплоснабжения малоэтажных объектов с использованием энергоэффективных гидравлических теплогенераторов. В сборнике: Строительство - формирование среды жизнедеятельности Сборник трудов Восемнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 2015. С. 957-959.
7. Муканов Р.В., Дербасова Е.М., Трещева И.М., Муканова О.Р. Исследование теплообмена при трансформации ветровой энергии в теплоту в механических теплогенераторах. Перспективы развития строительного комплекса. 2017. № 1. С. 46-51.
8. Ветровой гидравлический теплогенератор. Муканов Р.В., Дербасова Е.М., Виноградов А.В., Олейникова М.А. патент на изобретение RUS 2605868 06.02.2015.
9. Дербасова Е.М., Муканов Р.В., Шишкин Н.Д. Исследование гидродинамики механических теплогенераторов для систем автономного теплоснабжения. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2014. № 3 (34). С. 28-35.
10. Бялецкая Е.М. Система управления на объектах энергетики / Информационные технологии и моделирование процессов в фундаментальных и прикладных исследованиях. Материалы I Международной молодежной школы-конференции. под общ. ред. Д. П. Ануфриева. 15-17 декабря 2016 г. Издательство: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет Астрахань, 2016.

© Е. М. Дербасова, Е. М. Бялецкая, Р. В. Муканов

Ссылка для цитирования:

Е. М. Дербасова, Е. М. Бялецкая, Р. В. Муканов Методика оценки параметров работы гидравлического фрикционного ветрогенератора на основе фреймовой модели // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 8–13.

УДК 628.52

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ И ВЫДЕЛЯЕМЫХ ЗАПАХОВ В УСЛОВИЯХ КРЫТЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Н. В. Кондакова, А. А. Мозгунова, Ю. А. Гаврилина, Н. С. Серпокрьлов

Южно-Российский Государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

В работе изложены данные в области качественной и количественной оценки неприятного запаха от зоны сооружений очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод за рубежом и России. Рассматривается проблема определения нормативных пределов выбросов сложных смесей запаха, состоящих из многих отдельных пахучих компонентов, и использование Колесо запаха для идентификации обонятельных и химических компонентов выбросов в качестве вспомогательного средства управления запахом на местности как полевой вид исследования. В работе рассматривается возможность использования растений как фитоиндикатора выделения газов, а так же использование искусственной нейронной сети для прогнозирования значения интенсивности запаха, и может способствовать эффективному управлению оценкой неприятных запахов в различных областях человеческой деятельности. Выдвигается аргумент в пользу рассмотрения общего качества воздуха в условиях крытых очистных сооружений, связанного с контролем запаха, а также уменьшением агрессивных сред.

Ключевые слова: мониторинг, состав газовой смеси, воздух рабочей зоны, очистные сооружения, сточные воды, неприятный запах, риски заболеваний, биоаэрозоли.

ASSESSMENT OF THE WORKING AREA AIR CONDITION AND ODORS IN INDOOR TREATMENT FACILITIES

N. V. Kondakova, A. A. Mozgunova, Yu. A. Gavrilina, N. S. Serpokrylov

South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Novocherkassk, Russia

The paper presents data in the field of qualitative and quantitative assessment of unpleasant odors from the zone of domestic and industrial wastewater treatment facilities abroad and in Russia. The problem of determining the normative emission limits of complex odor mixtures consisting of many individual odorous components, and the use of the Odor Wheel to identify olfactory and