

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

**СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:  
ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

Национальная (с международным участием)  
научно-практическая конференция

(Казань, 19–20 мая 2022 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

Казань  
2022

УДК 378:001.891  
ББК 74.489.027.8  
С56

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Системотехники» ФГБОУ ВО «КНИТУ»,  
доктор технических наук, профессор Т.В. Лаптева;  
проректор по цифровой трансформации Университета управления «ТИСБИ»,  
заведующий кафедрой ИТ,  
кандидат педагогических наук, доцент О.В. Федорова

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов гл. редактор); И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора);  
О.В. Рябова

**С56**      **Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы.** Матер. национальной (с международным участием) науч.-практ. конф. (Казань, 19–20 мая 2022 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2022. – 394 с.

ISBN 978-5-89873-604-0

В электронном сборнике представлены статьи по материалам национальной (с международным участием) научно-практической конференции «Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы», в которых проблематика применения современных цифровых технологий рассматривается с позиции сегментации областей применения: энергетики, транспорта, экономики, образования, гуманитарной сферы.

Предназначены для преподавателей, студентов, магистрантов, аспирантов и только начинающим свой путь в науке.

Статьи публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание статей возлагается на второв.

УДК 378:001.891  
ББК 74.489.027.8

ISBN 978-5-89873-604-0

© КГЭУ, 2022

2. Autodesk Within [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.com/products/within-medical/overview> (дата обращения: 22.04.2022).

3. Project Dreamcatcher [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.com/research/projects/project-dreamcatcher> (дата обращения: 22.04.2022).

4. Метелик Т.С., Генеративный метод проектирования и способы его реализации в графическом дизайне // Бизнес и дизайн ревю. 2017 Т. 1. №2(6). С. 1.

УДК 67.074.2

## СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СЕПАРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА

Ксения Сергеевна Моисеева<sup>1</sup>, Булат Анисович Яруллин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

<sup>2</sup>ФТ НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань

<sup>1</sup>[kshyashamoiseeva@gmail.com](mailto:kshyashamoiseeva@gmail.com), <sup>2</sup>[iarullinbulat@yandex.ru](mailto:iarullinbulat@yandex.ru)

**Аннотация:** рассматривается задача очистки дымовых газовых потоков от твердых частиц золы. Аппараты, используемые для решения данной проблемы на текущий момент времени, имеют низкую эффективность при улавливании частиц размером менее 15 мкм. Предложена конструкция сепарационного устройства, внутри которого располагается несколько рядов дугообразных вставок. Представлен цифровой двойник данного устройства. Проведенные численные исследования показали высокую эффективность сепарационного устройства с дугообразными вставками.

**Ключевые слова:** сепарационное устройство, дымовые газы, цифровой двойник, численное моделирование, дугообразные вставки.

## CREATION OF A DIGITAL DOUBLE OF A SEPARATION DEVICE

Kseniya Sergeevna Moiseeva<sup>1</sup> Bulat Anisovich IArullin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KSPEU, Kazan

<sup>2</sup>BT NCTI KNRTU, Kazan

<sup>1</sup>[kshyashamoiseeva@gmail.com](mailto:kshyashamoiseeva@gmail.com), <sup>2</sup>[iarullinbulat@yandex.ru](mailto:iarullinbulat@yandex.ru)

**Abstract:** the problem of cleaning flue gas streams from solid ash particles is considered. The devices used to solve this problem at the current time have low efficiency in capturing particles

smaller than 15 microns. The design of a separation device is proposed, inside of which there are several rows of arc-shaped inserts. The digital counterpart of this device is presented. Numerical studies have shown the high efficiency of the separation device with arc-shaped inserts.

**Key words:** separation device, flue gases, digital twin, numerical simulation, arc-shaped inserts.

Важной задачей для котельных агрегатов тепловых электрических станций является удаление твердых частиц золы из дымовых газовых потоков. На данный момент времени данную задачу решают различные виды золоулавливающих аппаратов, к которым относят сухие и мокрые аппараты, электрофильтры и др. Наиболее часто используются сухие инерционные аппараты. Минусом данных аппаратов является низкая эффективность [1].

Для интенсификации улавливания мелкодисперсных твердых частиц золы из дымовых газовых потоков была предложена конструкция сепарационного устройства с дугообразными вставками (см. рисунок).



Изображение цифрового двойника сепарационного устройства для очистки газовых потоков от твердых частиц

Улавливание мелкодисперсных твердых частиц золы из дымовых газовых потоков осуществляется за счет возникновения множества вихрей, которые образуются при волнообразном движении потока [2]. Следует отметить, что создание упорядоченной вихревой структуры с относительно маленьким радиусом позволяет получить высокие центробежные силы [3]. За счет возникновения центробежных сил и их действия на частицы золы, они отбрасываются к стенкам сепарационного устройства и падают на дно или прилипают к ним [4]. Геометрическая форма дугообразных вставок позволяет создать более плавную структуру потока, что снижает гидравлическое сопротивление аппарата.

На основе цифрового двойника производилось численное моделирование. Граничные условия: на входе задавалась скорость, которая варьировалась в диапазоне от 3 до 7 м/с, на выходе условие задавалось давление 0,6 кгс/см<sup>2</sup>. Также была создана сеточная модель, которая состояла из 987392 элементов.

Результаты расчета показали, что число Рейнольдса  $Re$  при входной скорости 3 м/с составляет 11661, при 7 м/с составляет 27209, что соответствует турбулентному течению запыленного газового потока. При малых входных скоростях (3 м/с) поток движется более хаотично и волнообразно – движение неустойчивое, чем при входной скорости 7 м/с. Потери давления в сепарационном устройстве составили от 72 до 335 Па при входной скорости газового потока от 3 до 7 м/с.

Эффективность сепарационного устройства с дугообразными вставками составила в среднем более 60 % при входных скоростях запыленного газового потока от 3 до 7 м/с.

Следует отметить, что при увеличении входной скорости эффективность улавливания частиц снижается, так как происходит истирание частиц между собой. Вследствие чего, данные частицы уловить аппаратами сухой очистки практически невозможно.

В работе [5] представлена экономическая оценка применения подобных сепарационных устройств. Таким образом, применение данных устройств позволяет не только повысить эффективность улавливания мелкодисперсных твердых частиц золы, но и снизить экономические затраты относительно иных инерционных аппаратов.

### **Источники**

1. Dmitriev, A. V. Collecting of finely dispersed particles by means of a separator with the arc-shaped elements / A. V. Dmitriev, V. E. Zinurov, O. S. Dmitrieva // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Vol. 126. – P. 00007.

2. Зинуров, В. Э. Улавливание мелкодисперсных капель из газового потока в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева // Промышленная энергетика. - 2020. - № 12. – С. 47-53.

3. Зинуров, В. Э. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля / В. Э. Зинуров, И. Н. Мадышев, А. Р. Ивахненко, И. В. Петрова // Ползуновский вестник. – 2021. – № 2. – С. 205-211.

4. Zinurov, V. E. Numerical simulation of collection efficiency in separator with inclined double-T elements / V. E. Zinurov, V. V. Kharkov, E. I. Salakhova, M. R. Vakhitov, M. G. Kuznetsov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2022. – P. 042024.

5. Зинуров, В. Э. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – № 12(194). – С. 50-59.

УДК 721.021.23

## ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ В АРХИТЕКТУРЕ

Элина Анатольевна Мошкина-Эберле<sup>1</sup>, Ильнар Ильдарович Шарипов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

<sup>1</sup>moshkinaeberle@bk.ru, <sup>2</sup>sharipov.ii@kgeu.ru

**Аннотация:** в статье представлено применение 3D-печати в архитектуре с выявлением его преимуществ. Также рассмотрены практические примеры использования технологий 3D-печати в формировании отдельных объектов архитектурной среды. Технологии 3D-печати, применяемые в архитектурной деятельности, открывают новые проектные возможности, охватывающие как решения объёмно-пространственной структуры архитектурных сооружений в целом, так и их внутреннюю среду – с точки зрения организации интерьерных пространств с учётом единства функции и формы.

**Ключевые слова:** 3D-печать, 3D-модель, архитектура, строительство.

## APPLICATIONS OF 3D PRINTING IN ARCHITECTURE

Elina Anatolyevna Moshkina-Eberle<sup>1</sup>, Ilnar Ildarovich Sharipov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>KSPEU, Kazan

<sup>1</sup>moshkinaeberle@bk.ru, <sup>2</sup>sharipov.ii@kgeu.ru

**Abstract:** the article presents the use of 3D printing in architecture with the identification of its advantages. Practical examples of the use of 3D printing technologies in the formation of individual objects of the architectural environment are also considered. 3D printing technologies used in architectural activity open up new design possibilities, covering both solutions for the volumetric and spatial structure of architectural structures in general, and their internal environment – in terms of organizing interior spaces, taking into account the unity of function and form.

**Key words:** 3D printing, 3D model, architecture, construction.

Технология 3D-печати быстро развивалась в течение последних нескольких десятилетий. Трёхмерная печать – это уже далеко не научная