

14. Валиуллин, А. Х. Упругопластический изгиб балки / А. Х. Валиуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 21. – С. 221–224.
15. Тарасов, Д. А. Исследование влияния пластических деформаций при моделировании напряженно-деформированного состояния гибкой нити / Д. А. Тарасов, А. В. Липов, А. М. Ирышков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 1 (33). – С. 98–110. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-1-8.
16. Оценка влияния конструктивной нелинейности при моделировании работы гибкой нити / Д. А. Тарасов, Г. С. Большаков, В. В. Коновалов, А. М. Ирышков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9, № 2 (50). – С. 117–123. – DOI 10.46548/21vek-2020-0950-0022.
17. Тарасов, Д. А. Математическое моделирование работы нитей конечной жесткости при ударном воздействии / Д. А. Тарасов, В. В. Волков, Е. А. Аксенова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10, № 4 (56). – С. 113–116. – DOI 10.46548/21vek-2021-1056-0023.
18. Прокопьев, В. И. Оценка точности решения краевой задачи для дифференциального уравнения прогиба балки методом конечных разностей / В. И. Прокопьев, П. Э. Стурник // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Сер. Механика предельного состояния. – 2021. – № 4 (50). – С. 53–58. – DOI 10.37972/chgpu.2021.50.4.009.
19. Георгиев, Н. Г. Визуальное программирование в задачах моделирования строительных конструкций / Н. Г. Георгиев, К. А. Шумилов, А. А. Семенов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4 (38). – С. 117–123. – DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-117-123. – EDN ZPSGCI.
20. Гусев, С. С. Численная реализация метода оптимизации для нахождения оптимального управления процессом нагрева диска / С. С. Гусев, Е. Ф. Анисимов, // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4 (38). – С. 107–113. – DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-107-113. – EDN XYCQMT.

© Д. А. Тарасов

Ссылка для цитирования:

Тарасов Д. А. Численное моделирование работы изгибаемых элементов в упругопластической области при действии поперечного удара // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 19–23.

УДК 696.42
DOI 10.52684/2312-3702-2022-40-2-23-28

**АПРОБАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ,
ВЫПОЛНЕННОЙ НА БАЗЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО СТАЛАГМОМЕТРА,
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ
В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

С. П. Прокин, В. Я. Свинцов, Р. В. Муканов, Ю. А. Аляутдинова

Прокин Сергей Владимирович, магистрант, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7(927)281-17-93; e-mail: prosev606@yandex.ru;

Свинцов Владимир Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры инженерных систем и экологии, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7(917)186-86-43; e-mail: vladimir_svintsov@mail.ru;

Муканов Руслан Владимирович, старший преподаватель кафедры инженерных систем и экологии, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7(917)186-86-43; e-mail: rvmukanov@mail.ru;

Аляутдинова Юлия Амировна, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных систем и экологии, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: +7(917)186-86-43; e-mail: alautd@mail.ru

Сокращение ресурсов и повышение потребления топливных ископаемых ставит перед научно-техническим сообществом ряд вопросов. Один из них – повышение эффективности процессов горения в различного рода теплогенерирующих установках. Традиционным видом энергетических ресурсов является жидкое топливо, примером которого служит товарный мазут разных марок. Важным параметром, от которого напрямую зависит эффективность горения жидкого топлива, является однородность и степень дисперсности образующегося при диспергировании факела распыла из частиц жидкого топлива. Одним из перспективных методов, позволяющим получить оптимальные параметры образующегося жидкого топлива факела распыла является диспергирование с использованием энергии высокопотенциального электростатического поля (электростатическое диспергирование). В статье представлена информация по экспериментальным исследованиям процесса диспергирования модельной жидкости в высоковольтном электростатическом поле на разработанной авторами экспериментальной установке.

Ключевые слова: диспергирование, дисперсность частиц, модернизированный сталагмометр, высоковольтное электростатическое поле, напряжение.

**APPROBATION OF THE EXPERIMENTAL SETUP PERFORMED
ON THE BASIS OF THE MODERNIZED STALAGMOMETER AS APPLIED
TO THE STUDY OF THE DISPERSION PROCESS IN A HIGH-VOLTAGE ELECTROSTATIC FIELD**

S. P. Prokin, V. Ya. Svintsov, R. V. Mukanov, Yu. A. Alyautdinova

Prokin Sergey Vladimirovich, Master student, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7(927)281-17-93; e-mail: prosev606@yandex.ru;

Svintsov Vladimir Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Engineering Systems and Ecology, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7(917)186-86-43; e-mail: vladimir_svintsov@mail.ru;

Mukanov Ruslan Vladimirovich, Senior Lecturer of the Department of Engineering Systems and Ecology, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7(917)186-86-43; e-mail: rvmukanov@mail.ru;

Alyautdinova Yuliya Amirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Systems and Ecology, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7(917)186-86-43; e-mail: alautd@mail.ru

Reducing resources and increasing consumption of fossil fuels raises a number of questions for the scientific and technical community. One of them is to increase the efficiency of combustion processes in various types of heat generating installations. The traditional type of energy resources is liquid fuel, an example of which is commercial fuel oil of various grades. An important parameter, on which the efficiency of liquid fuel combustion directly depends, is the uniformity and degree of dispersion of the spray torch formed during dispersion from liquid fuel particles. One of the promising methods that allows obtaining the optimal parameters of the spray jet formed during the dispersion of liquid fuel is dispersion using the energy of a high-potential electrostatic field (electrostatic dispersion). The article presents information on experimental studies of the process of dispersion of a model liquid in a high-voltage electrostatic field, on an experimental setup developed by the authors.

Keywords: dispersion, particle dispersion, modernized stalagmometer, high-voltage electrostatic field, voltage.

Исследования новых перспективных методов диспергирования жидких топлив позволят получить экологичные и экономичные форсуночные и горелочные устройства, которые могут быть использованы в жидкотопливных котельных агрегатах [1–6]. Традиционные устройства диспергирования находятся на пике своего технического развития. Улучшение качества распыла значительно усложняет их конструкцию и снижает надежность. В литературе имеется упоминание о электростатическом способе диспергирования жидких сред [6–10], на основе которого можно попытаться создать диспергирующие устройства для котельных агрегатов с улучшенными характеристиками распыла. Для изучения процессов электростатического диспергирования нами была разработана экспериментальная установка, в основе которой находится модернизированный сталагмометр. Данная установка позволяет измерять физические характеристики дисперсности распыливаемой в электростатическом поле среды [11].

Экспериментальные исследования были проведены применительно к процессам диспергирования в высоковольтном электростатическом поле. Сам процесс можно разделить на два основных этапа. Первый этап – определение дисперсных характеристик капель топлива модернизированным сталагмометрическим методом в зоне действия высоковольтного электростатического поля. Второй – установление дисперсных характеристик образующихся в динамике капель факела распыла в этом же поле. В статье описан первый этап экспериментальных исследований по оценке диаметров капель распыла модельной жидкости в электростатическом поле. Дальнейшее изучение позволит перейти ко второму этапу поставленной задачи, результаты которых будут опубликованы в других научных работах.

Выбор сталагмометрического метода [12], который был разработан для определения величины поверхностного натяжения жидких веществ, позволил использовать его для установ-

ления дисперсных характеристик образующихся при распыливании капель топлива или модельных сред электростатическим способом. Как показал проведенный нами анализ методов исследования процессов диспергирования [4], основой общепринятой методики исследования дисперсных характеристик частиц, образующихся в процессе диспергирования, является определение диаметра частиц в динамике распада исходного вещества на капли. К недостаткам этой методики можно отнести:

- трудоемкость исследования;
- высокую стоимость специализированного оборудования (оптического анализатора дисперсности);
- погрешность измерения при оценке размера малых частиц диспергирования вследствие преломления луча лазера и выхода его из области, контролируемой датчиками и т. д.

Идея использования модернизированного сталагмометра [12] не только для определения величины поверхностного натяжения жидких веществ, но и зависимости размеров образующихся при распыливании частиц в зависимости от параметров электростатического поля ($d_q = f(U)$), родилась на базе анализа зависимостей (1) [2]:

$$r_q = r - \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U^2}{4 \cdot \sigma} \quad (1)$$

где r_q – радиус капель после диспергирования в электростатическом поле, м; r – радиус капель до воздействия электростатического поля, м; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; ε_0 – диэлектрическая постоянная А×с/В×м; U – напряжение, подаваемое на электродную систему, В; σ – поверхностное натяжение капли н/м.

Из выражения (1) следует, что размеры частиц диспергируемого вещества в электростатическом поле r_q при прочих одинаковых условиях зависят только от электрофизических характеристик, напряженности электростатического поля, величины поверхностного натяже-

ния и не связаны со способом образования новой поверхности. Реализация этой идеи позволяет осуществить определение диаметра образующихся капель d_q не в процессе диспергирования (распада на более мелкие частицы), а образования новой единичной поверхности (капли). Оно происходит при невысокой скорости истечения анализируемого вещества из капиллярного канала.

Для проведения исследований процессов диспергирования в высоковольтном электростатическом поле использовалась разработанная нами экспериментальная установка, изображённая на рисунке 1. Ее отличительные особенности от ранее использованной [12] описаны в статье [14]. Кроме того, в установке штуцера использовался меньший диаметр (500 мкм) и дистиллированная, а не водопроводная вода. Это дало возможность увеличить диапазон напряжения, позволяющий применять модернизированный сталягмометрический метод исследований. Использовалась дистиллированная вода в связи с тем, что она обладает меньшими проводящими свойствами, чем водопроводная. Данное обстоятельство помогло приблизить электрофизические свойства модельной жидкости к свойствам жидких топлив.

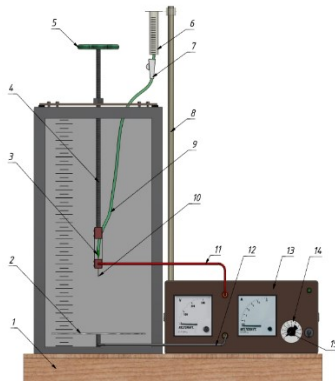


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования процесса диспергирования жидкости в высоковольтном электростатическом поле:

1 – основание лабораторной установки; 2 – катод; 3 – штуцер; 4 – регулировочный винт; 5 – рукоятка регулирования высоты электрода; 6 – ёмкость подачи жидкости; 7 – зажим-регулятор; 8 – вертикальная стойка; 9 – трубка подачи жидкости; 10 – анод; 11 – провод положительного электрода; 12 – провод отрицательного электрода; 13 – источник высоковольтного напряжения; 14 – шкала; 15 – ручка регулятора напряжения

Модельная жидкость – дистиллированная вода марки Eltrans EL-0901, помещалась в ёмкость 6 с мерными делениями, представляющая собой медицинский шприц объёмом 20 мл, закреплённый неподвижно на стойке 8. При помощи зажима-регулятора 7 имелась возможность контролировать скорость подачи жидкости в трубке 9, которая соединена со штуцером 3. Этот штуцер является положительным электродом, а в качестве отрицательного применялся алюминиевый диск диаметром 220 мм и толщиной 3 мм, закреплённый в горизонтальной плоскости.

Высоковольтное напряжение поступало на электроды с разработанного нами блока 13 (см. рис. 1). Так как для получения напряжения в экспериментальной установке использовалась высоковольтная катушка, работающая на большой частоте, то при помощи осциллографа были произведены замеры амплитуды сигнала с контактов этой катушки перед умножителем. Он выпрямляет полученное переменное напряжение. Осциллограмма напряжения изображена на рисунке 2.

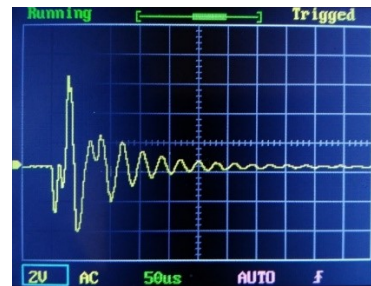


Рис. 2. Осциллограмма напряжения высоковольтного трансформатора блока питания

Для замеров параметра сигнала с высоковольтного трансформатора применялся осциллограф DSO-150. В результате замеров установлено, что частота тока, получаемого с катушки, составляет порядка 15–19 кГц, период 0,06 мс, ширина импульса 0,037 мс. Далее переменное напряжение умножителем выпрямляется до постоянного значения, которое передавалось на штуцер экспериментальной установки при помощи высоковольтного экранированного провода.

Для удобства регулирования напряжения, подаваемого с высоковольтного блока, была изготовлена круглая шкала 14 с делениями, где каждое из делений соответствовало получаемому напряжению на выходе высоковольтных контактов электродов. Градуировка шкалы была произведена предварительно по результатам измерения выходного напряжения питания мультиметром M890G. Так как предел шкалы измерения напряжения мультиметра составляет всего 1000 В, то для измерения напряжения свыше 1000 В был изготовлен классический делитель напряжения на высокоомных резисторах мощностью по 2 Вт каждый, изображённый на рисунке 3.

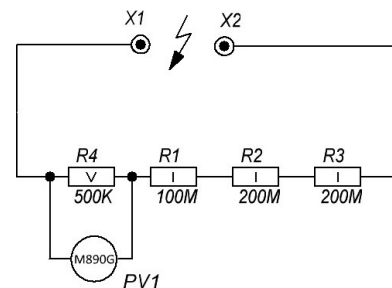


Рис. 3. Схема делителя напряжения для измерения высоковольтного напряжения

График зависимости делений шкалы от выдаваемого напряжения на выходе приведен на рисунке 4.

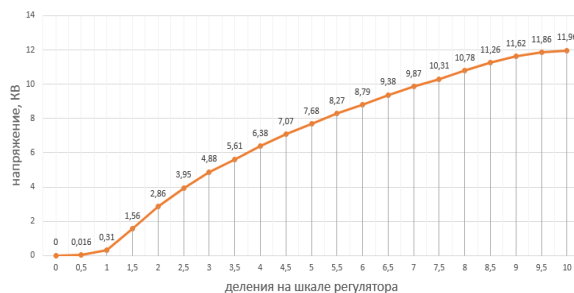


Рис. 4. График зависимости изменения напряжения от угла поворота регулятора

Следует отметить, что предварительно для более плавного регулирования напряжения на начальном участке графика потребовалось точнее подобрать параметры переменного резистора источника питания, чтобы добиться более медленного увеличения напряжения, а не скачкообразного, как было изначально реализовано в блоке питания. В связи с тем, что каждый резистор имеет разброс параметров сопротивления, нами был также произведён замер значений каждого из них. На этой основе подсчитана общая сумма сопротивлений с последующим определением коэффициента деления напряжения $K_d = 1000$, который и использовался в последующем для пересчета показаний мультиметра.

Для проведения экспериментов в общих чертах использовалась методика определения величины поверхностного натяжения жидкостей с помощью сталагмометра [1], которая имела некоторые отличительные особенности в конструкции устройства измерительной установкой и в части обработки результатов экспериментов. Основное конструктивное отличие модернизированного сталагмометра заключалось в наличии высоковольтного блока питания и конструкции питательного устройства для подвода модельной жидкости к штуцеру – высокопотенциальному электроду.

Методика проведения экспериментов заключалась в следующем. Высоковольтный и низковольтный электроды модернизированного сталагмометра подключались к предварительно выключенному из электрической цепи высоковольтному блоку питания. Ёмкость б заполнялась модельной жидкостью при закрытом вентильном клапане.

Первоначально проведение экспериментов осуществлялось при нулевом потенциале на высоковольтном электроде, для чего открывался вентильный клапан. Под воздействием силы тяжести модельная жидкость – дистиллированная вода (см. рис. 1) поступала по трубке 9 в штуцер 3. После этого происходило формирование на выходе штуцера капли 10, которая увеличивается в размере до тех пор, пока не преодолет силы поверхностного натяжения.

После достижения отрывного диаметра капля отсоединялась от края штуцера и падала в ёмкость, расположенную на электронных весах непосредственно под штуцером на электроде 2.

Ёмкость предварительно взвешивалась, а после отсчитывания 100 капель производилось контрольное взвешивание жидкости (см. табл. 1) для соответствующей величины напряжения, подаваемого на электродную систему. Для взвешивания капель жидкости использовались электронные весы фирмы Rexant, внешний вид которых изображён на рисунке 5, с диапазоном взвешивания от 0 до 200 г и точностью измерения 0,01 гр.



Рис. 5. Электронные лабораторные весы

Для фиксации наблюдений за распылением жидкости применялись вспомогательные устройства: фотокамера Canon sx150 и электрический фонарь, состоящий из 19 светодиодов и яркостью свечения 150 Лм. Ввиду того, что при дневном освещении невозможно отчетливо разглядеть разделение жидкости на отдельные частицы, то наблюдение за процессом диспергирования производилось в затемненном помещении, а светодиодный фонарь располагался позади факела распыла, почти навстречу объективу подсвечивал падающие капли наиболее ярко. В ходе опытов было сделано несколько фотоснимков (рис. 6) при различном положении ручки регулятора напряжения.



Рис. 6. Фото капель и факела распыла при различном напряжении на электродной системе модернизированного сталагмометра

Последующие эксперименты по аналогичной методике производились при подаче напряжения на электродную систему модернизированного сталагмометра последовательно при напряжении 1кВ, 2кВ, 3кВ и т. д. Верхний предел напряжения, подаваемого на электродную систему, ограничивался явлением диспергирования истекающей из сопла капли жидкости. По-

сле сбора в бюретке 100 капель исследуемое вещество взвешивалось и рассчитывался диаметр одиночной капли, истекающей из капилляра по следующей формуле:

$$d_i = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot m_{100}}{4 \cdot \pi \cdot n \cdot \rho}} \quad (2)$$

где m – масса 100 капель, кг; π – число Пи; d_i – отрывной диаметр капли, м; n – число капель; ρ – плотность дистиллированной воды.

Результаты экспериментов представлены в таблице и на рисунках 7–8 соответственно в логарифмической и прямоугольной системе координат.

Таблица

Результаты экспериментальных исследований по определению отрывного диаметра капель модельной жидкости

| Напряже- ние, (вольт) | попыток взвешивания | | | средний вес 100 капель, (г) | вес одной капли, (г) | отрывной диаметр капли, (мм) | разница между диаметрами ка- пель, (мм) |
|--------------------------|---------------------|------|------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---|
| | 1 | 2 | 3 | | | | |
| 0 | 1,57 | 1,59 | 1,59 | 1,583 | 0,01583 | 3,117 | 0 |
| 500 | 1,58 | 1,57 | 1,53 | 1,560 | 0,01560 | 3,102 | 0,015 |
| 1000 | 1,54 | 1,53 | 1,54 | 1,537 | 0,01537 | 3,086 | 0,016 |
| 1500 | 1,48 | 1,5 | 1,5 | 1,493 | 0,01493 | 3,057 | 0,029 |
| 2000 | 1,43 | 1,44 | 1,44 | 1,437 | 0,01437 | 3,018 | 0,039 |
| 2500 | 1,35 | 1,35 | 1,36 | 1,353 | 0,01353 | 2,958 | 0,060 |

Продолжение таблицы

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|-------|---------|-------|-------|
| 3000 | 1,26 | 1,29 | 1,26 | 1,270 | 0,01270 | 2,896 | 0,062 |
| 3500 | 1,16 | 1,16 | 1,17 | 1,163 | 0,01163 | 2,813 | 0,083 |
| 4000 | 1,06 | 1,07 | 1,06 | 1,063 | 0,01063 | 2,730 | 0,083 |
| 4500 | 0,89 | 0,89 | 0,9 | 0,893 | 0,00893 | 2,576 | 0,154 |
| 5000 | 0,72 | 0,74 | 0,73 | 0,730 | 0,00730 | 2,408 | 0,168 |
| 5500 | 0,55 | 0,57 | 0,56 | 0,560 | 0,00560 | 2,205 | 0,204 |
| 6000 | 0,35 | 0,37 | 0,37 | 0,363 | 0,00363 | 1,909 | 0,296 |

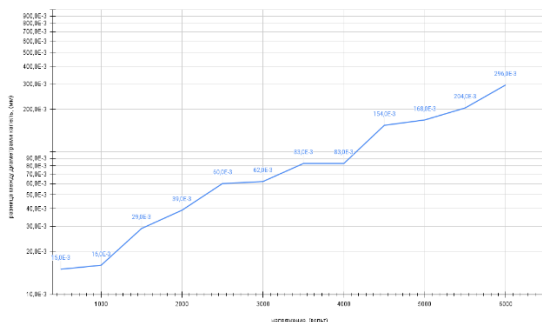


Рис. 7. Экспериментальная зависимость $d_q = f(U)$ в логарифмической системе координат

Из анализа экспериментальных данных следует, что в результате воздействия электростатического поля диаметр капли дистиллированной воды значительно сокращается, что является подтверждением работоспособности метода электростатического диспергирования в высоковольтном электростатическом поле.

Анализ графика изменения диаметра капель на рисунке 8 показывает близкую к параболе зависимость $d_q = f(U)$, что отвечает виду той же зависимости (3) в прямоугольной системе координат, и функция распределения частиц по диаметрам, которая является нормальной (гауссовой).

Выводы:

1. Проведена экспериментальная апробация разработанной нами экспериментальной установки по исследованию процесса диспергирования жидких веществ в «сильных» электрических полях.



Рис. 8. Экспериментальная зависимость $d_q = f(U)$ в прямоугольной системе координат

Анализ графика изменения диаметра капель на рисунке 7 показывает близкую к линейной зависимость $d_q = f(U)$, что отвечает виду зависимости в логарифмической сетке координат выражения 2, представленного в следующем виде:

$$\Delta d = \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{2\sigma} U^2. \quad (3)$$

2. Проведена экспериментальная апробация модернизированного стагагмометрического метода для определения зависимости $d_q = f(U)$.

3. Получена экспериментальная зависимость $d_q = f(U)$ модельной жидкости в высоковольтном электростатическом поле.

4. Полученные экспериментальные данные являются исходным материалом для экспериментального исследования процесса диспергирования жидких нефтепродуктов в высоковольтном электростатическом поле в последующих экспериментальных исследованиях.

Список литературы

1. Пажи Д.Г., Корягин А.А., Ламм Э.Л. Распыливающие устройства в химической технологии. М.: Химия, 1975. 199 с.
 2. Пажи, Д. Г. Распылители жидкостей / Д. Г. Пажи. – М.: Химия, 1979. – 216 с.
 3. Санаев, Ю. И. Обеспыливание газов электрофильтрами / Ю. И. Санаев. – Семибратово: Кондор-Эко, 2009. – 163 с.

4. Коровина, Н. В. Распыление жидкости при импульсном воздействии / Н. В. Коровина, О. Б. Кудряшова, А. А. Антонникова, Б. И. Ворожцов // Известия вузов. Физика. – 2013. – № 9/3 (56). – С. 169–172.
5. Верещагин, И. П. Высоковольтные электротехнологии : учебное пособие / И. П. Верещагин. – М., 1999. – 92 с.
6. Ворожцов, Б. И. Проблематика и особенности использования электростатических полей для нейтрализации мелкодисперсных аэрозолей / Б. И. Ворожцов, М. Ю. Степкина, О. Б. Кудряшова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – № 2 (6). – С. 67–69.
7. Лопатин, В. Н. Методы светорассеяния в анализе дисперсных биологических сред / В. Н. Лопатин, А. В. Приезжев, А. Д. Апонасенко, Н. В. Шепелевич, В. В. Лопатин, П. В. Пожиленкова, И. В. Простакова. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 384 с.
8. Ахмадеев, И. Р. Модифицированный метод малоуглового рассеяния для измерения дисперсности аэрозольных частиц / И. Р. Ахмадеев // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики : материалы V Всероссийской научной конференции. – Томск : ТГУ, 2006. – С. 55–56.
9. Староконь, И. В. Практика применения методов тепловой диагностики для оценки локальных перенапряжений элементов морских стационарных платформ с коррозионными дефектами / И. В. Староконь // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 3 (33). – С. 104–107. – DOI 10.35108/isvp20203(33)104-107. – EDN UCDDUO.
10. Степкина, М. Ю. Использование электрических полей для осаждения мелкодисперсных аэрозолей / М. Ю. Степкина, О. Б. Кудряшова // Перспективы создания и применения конденсированных высокоэнергетических материалов : материалы докладов V Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых. – Бийск : АлтГТУ, 2014. – С. 198–203.
11. Степкина, М. Ю. Управление процессом осаждения конденсируемой фазы с использованием электрического поля / М. Ю. Степкина, О. Б. Кудряшова // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – № 5 (326). – С. 28–37.
12. Изменение топливного режима как способ ресурсосбережения на предприятии нефтегазовой отрасли / О. Ю. Мичурин, Н. А. Дубинина, С. С. Сабитов [и др.] // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 3 (37). – С. 93–98. – DOI 10.52684/2312-3702-2021-37-3-93-98. – EDN AYTQAF.
13. Муканов, Р. В. Разработка электростатического способа диспергирования жидких сред / Р. В. Муканов, В. Я. Свинцов // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, вып. 1 (112). – С. 44–52.
14. Прокин, С. В. Исследование процессов диспергирования и горения жидких топлив в высоковольтном электростатическом поле / С. В. Прокин, И. Р. Бухминов, В. Я. Свинцов, Ю. А. Аляутдинова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 1 (35). – С. 30–33.

© С. П. Прокин, В. Я. Свинцов, Р. В. Муканов, Ю. А. Аляутдинова

Ссылка для цитирования:

Прокин С. П., Свинцов В. Я., Муканов Р. В., Аляутдинова Ю. А. Апробация экспериментальной установки, выполненной на базе модернизированного стагмометра, применительно к исследованию процесса диспергирования в высоковольтном электростатическом поле // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 23–28.

УДК 693.955

DOI 10.52684/2312-3702-2022-40-2-28-31

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВОЙ ОПАЛУБКИ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА

Д. А. Животов, Ю. И. Тилинин

Животов Дмитрий Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7(921)569-06-45; e-mail: d.zhivotov@mail.ru;

Тилинин Юрий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7(905)232-16-34; e-mail: tilsp@inbox.ru

Рассматривая традиционные конструкции стеновой опалубки, как правило собираемой из плоских сборно-разборных щитов, авторы пришли к выводу о необходимости совершенствования опалубочных систем в связи с необходимостью облегчения удельной массы опалубки, повышения качества лицевой поверхности монолитного бетона и главное – создания рельефной опалубки для возведения монолитных железобетонных стен с архитектурными элементами при строительстве новых и реконструкции существующих зданий в исторически сложившихся районах Санкт-Петербурга. В связи с этим были проведены экспериментальные исследования созданных аддитивным методом образцов композитных материалов на основе армированного синтетическим волокном пластика. Применение аддитивных технологий открывает перспективу создания рельефной пластиковой опалубки для возведения монолитных стен с архитектурными элементами. Кроме того, использование пластика ведет к снижению удельной массы опалубки и влияет на повышение качества лицевой поверхности монолитных бетонных конструкций. *Цель исследования* – испытание образцов из углепластика как материала перспективной технологии аддитивного производства рельефной опалубки стен с архитектурными элементами. *Методы*: изготовленные с помощью трехмерной печати образцы испытываются на прочность и деформацию в лабораторных условиях. *Результаты*: экспериментальные испытания опытных образцов, изготовленных из углепластика с применением 3D-печати, показали достаточные для изготовления опалубки прочностные и деформационные характеристики полученного по аддитивной технологии композитного материала.

Ключевые слова: рельефная опалубка, монолитные стены, углепластик, аддитивные технологии, изготовление, опытный образец, испытание на разрыв, сравнение, выбор.

PROMISING TECHNOLOGIES FOR ADDITIVE MANUFACTURING OF CFRP WALL FORMWORK

D. A. Zhivotov, Yu. I. Tilinin

Zhivotov Dmitriy Andreyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Construction Production, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russian Federation, phone: +7(921)569-06-45; e-mail: d.zhivotov@mail.ru;