

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;

**Tilinin Yuriy Ivanovich**, 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(905)232-16-34; e-mail: tilsp@inbox.ru

Considering the traditional designs of wall formwork, usually assembled from flat collapsible panels, the authors came to the conclusion that it is necessary to improve the formwork systems due to the need to lighten the specific gravity of the formwork, improve the quality of the front surface of monolithic concrete, and most importantly, create a relief formwork for the construction monolithic reinforced concrete walls with architectural elements in the construction of new and reconstruction of existing buildings in historically developed areas of St. Petersburg. In this regard, experimental studies of samples of composite materials created by the additive method based on plastic reinforced with synthetic fiber were carried out. The use of additive technologies opens up the prospect of creating embossed plastic formwork for the construction of monolithic walls with architectural elements. In addition, the use of plastic leads to a decrease in the specific gravity of the formwork and affects the quality of the front surface of monolithic concrete structures. *The purpose of the study* is to test samples of carbon fiber as a material for a promising technology for the additive production of relief formwork for walls with architectural elements. *Methods*: 3D-printed specimens are tested for strength and deformation in the laboratory. *Results*: experimental tests of prototypes made of carbon fiber using 3D printing showed that the strength and deformation characteristics of the composite material obtained by additive technology are sufficient for the manufacture of formwork.

**Keywords:** embossed formwork, monolithic walls, carbon fiber, additive technologies, manufacturing, prototype, tensile test, comparison, selection.

### Введение

Монолитное домостроение как наиболее универсальная технология возведения зданий получила бы более широкое применение при строительстве новых и реконструкции существующих зданий в исторически сложившихся районах Санкт-Петербурга при создании рельефной опалубки стен с архитектурными элементами из новых материалов [1–3].

При строительстве монолитных зданий в исторической части Санкт-Петербурга фасад должен соответствовать архитектурному стилю прошлых лет, иметь пилястры, карнизы, сандрики и другие архитектурно-конструктивные элементы, усложняющие стены (рис. 1).

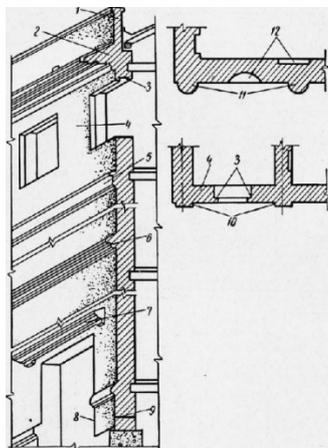


Рис. 1. Архитектурно-конструктивные элементы стен: 1 – парапет; 2 – главный карниз; 3 – четверти оконного проема; 4 – простенок; 5 – поясок; 6 – промежуточный карниз; 7 – сандрик; 8 – цоколь; 9 – горизонтальная гидроизоляция; 10 – пилястра; 11 – полуколонна; 12 – ниша [4]

Для возведения монолитных стен с архитектурными элементами авторы предлагают рельефную опалубку, изготавливаемую из пластика по аддитивной технологии.

В качестве материала опалубки испытывается углепластик, который легче стеклопластика приблизительно на 18 % [5, 6].

### Эксперимент

В связи с тем, что опалубка будет изготавливаться из углепластика при помощи аддитив-

ной технологии, необходимо провести испытание изготовленных этим способом опытных образцов [7–9].

Опытные образцы, изготовленные из пластика отечественного производства по аддитивной технологии, испытаны в лабораторных условиях. Номера образцов и марка углепластика указаны в таблице 1.

Таблица 1

#### Номера и материал опытных образцов

Номер образца по порядку	Марка углепластика (материала)
1	TOTAL GF-30
2	
3	
4	Таблица TITAN GF-12
5	TOTAL GF-30 (N)
6	

Образцы изготовлены на специальном 3D-принтере. Испытания образцов проводились на универсальной машине *Instron 5982* с разрывающим усилием до 100 кН.

Образцы до начала испытаний измерялись по краям и в середине с записью замеров в журнале эксперимента. Затем экспериментальный образец устанавливали в захватах испытательной машины так, чтобы его продольная ось совпала с осью приложения нагрузки. В средней части образца устанавливались тензометрические датчики (с базовой длиной 10 мм) для определения осевой деформации (рис. 2–3) [10].



Рис. 2. Образцы и используемые и измерительные инструменты



Рис. 3. Образец в разрывной машине Instron 5982

В ходе проведения эксперимента исследовались свойства материалов при кратковременных растягивающих нагрузках в условиях нормальной температуры 18–22 °С.

Изучались также механические свойства пластиков; поведение материала под действием нагрузки, стадии деформаций и зависимости перемещений.

Результаты экспериментальных данных приведены в таблице 2 и в виде графических зависимостей деформаций от нагрузки на рисунке 4

и перемещений от нагрузки – рисунке 5. Всего было испытано по 2 образца каждого материала по причине идентичности полученных данных.

Характер разрушения образцов представлен на рисунках 6–8.

Таблица 2

**Экспериментальные результаты**

Максимум нагрузки, [kN]	Предел прочности, [MPa]	Модуль [MPa]	Относительное удлинение, [%]	Прим.	Сечение, а*б, мм <sup>2</sup>
1,22	32,41	282,19	25,01	GF30(1)	4 × 10
1,21	32,60	321,30	29,44	GF30(2)	4 × 10
2,08	51,49	4256,21	1,72	TitanGF12(1)	4 × 10
2,06	52,49	4702,36	1,54	TitanGF12(2)	4 × 10
1,60	41,93	313,70	28,97	GF30(N)(1)	4 × 10
1,56	39,14	311,58	30,59	GF30(N)(2)	4 × 10

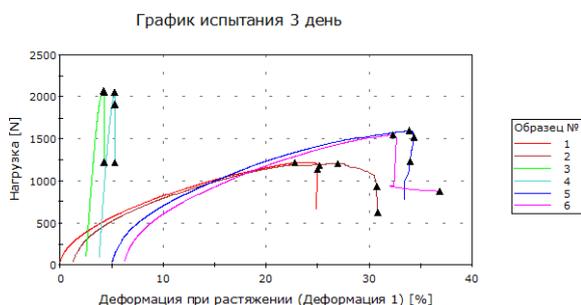


Рис. 4. График зависимости нагрузки от деформаций

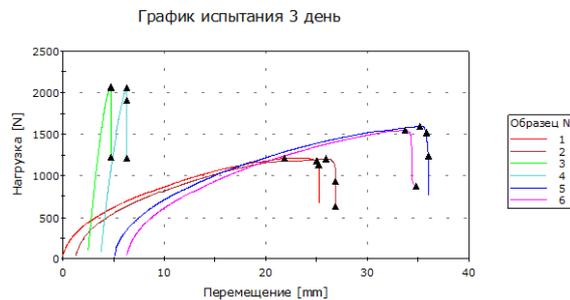


Рис. 5. График зависимости нагрузки от перемещений

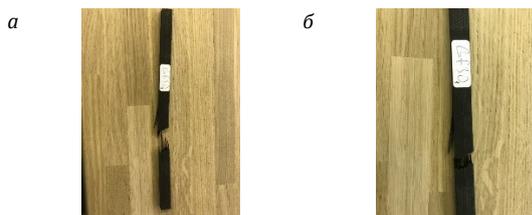


Рис. 6. Разрушенный образец GF30: а, б – разрушение материала вдоль волокон



Рис. 7. Разрушенный образец Titan GF12: а, б – разрушение материала вдоль волокон

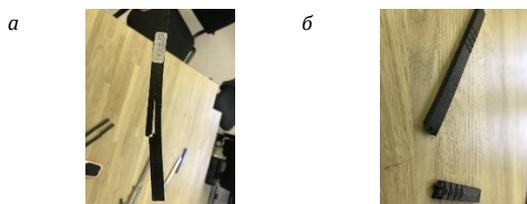


Рис. 8. Разрушенный образец GF30(N): а, б – разрушение материала вдоль волокон

Результаты проведенного эксперимента и характер разрушения сочетаются между собой, указывая на достоверность полученных данных. На графиках и рисунках видны характерные для хрупких материалов изменения, происходящие в образцах, под действием нагрузки.

Образцы из материала GF30 и GF30(N) разрушались постепенно, под воздействием нагрузки плавно возрастали значения деформаций, переходя из пластической стадии в хрупкое разрушение. Изучение графика показывает об идентичности разрушения этих пластиков с древесиной.

Разрушение образцов из материала Titan GF12 сопровождалось стремительным ростом нагрузки и хрупким разрушением с минимальными деформациями.

**Выводы.** Проведенные экспериментальные исследования образцов из углепластиков марок TOTAL GF-30, TITAN GF-12, TOTAL GF-30 (N) показали различные значения их механических свойств.

Полученные результаты позволили определить оптимальную марку материала TOTAL GF-30 (N) для изготовления опалубочных элементов, способных сопротивляться воздействию внешних усилий с возможностью работы в упругой стадии.

**Список литературы**

1. Головина, С. Г. Архитектурно-конструктивные особенности этапов развития исторической жилой застройки Санкт-Петербурга XVIII – начала XX вв. / С. Г. Головина // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 6 (77). – С. 36–43. – DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-6-36-43.
2. Юдина, А. Ф. Развитие технологий жилищного строительства в Санкт-Петербурге / А. Ф. Юдина, Ю. И. Тилинин, С. А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 1 (72). – С. 110–119. – СПб.: СПбГАСУ, 2019. – DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-1-110-119.
3. Yudina, A. Selection of criteria for comparative evaluation of house building // A. Yudina, Y. Tilinin // Architecture and Engineering. – 2019. – Т. 4, № 1. – DOI: https://doi.org/10.23968/2500-0055-2019-4-1-47-52.

4. Тилинин, Ю. И. Повышение технологичности монтажа каркасно-панельных быстровозводимых зданий / Ю. И. Тилинин, Д. А. Животов, В. Ю. Тилинин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 1 (35). – С. 34–37.
5. Курносков, А. О. Технологии производства стеклянных наполнителей и исследование влияния аппретирующего вещества на физико-механические характеристики стеклопластиков / А. О. Курносков, М. И. Вавилова, Д. А. Мельников // Авиационные материалы и технологии. – 2018. – №1 (50). – С. 64–70. – DOI:10.18577/2071-9140-2018-0-1-64-70.
6. Пещеренко, Е. Современные технологии производства композитных изделий от ESI Group / Е. Пещеренко // Аэрокосмический курьер. – 2014. – № 4. – С. 2–6. – Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/2575817/sovremennye-tehnologii-proizvodstva-kompozitnyh-izdelij>.
7. Егоров, А. Н. Систематизация показателей и оценка технологий 3D-печати в строительстве / А. Н. Егоров, Н. С. Гороява // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году : сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. – Москва, 2019. – С. 177–184. – DOI: 10.22337/9785432303134-177-184.
8. Егоров, А. Н. Технология 3D-печати в строительстве / А. Н. Егоров, Н. С. Гороява // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году : сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. – Москва, 2018. – С. 192–194. – DOI: 10.22337/9785432302663-192-194.
9. Рыбнов, Е. И. Развитие технологии контурного строительства / Е. И. Рыбнов, А. Н. Егоров, Н. С. Гороява // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 2 (67). – С. 135–140. – DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-135-14010.
10. Латута, В. В. Исследование водонепроницаемости фундамента для малоэтажного здания, изготовленного вибрационным методом / В. В. Латута // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4 (30). – С. 42–45.

© Д. А. Животов, Ю. И. Тилинин

**Ссылка для цитирования:**

Животов Д. А., Тилинин Ю. И. Перспективные технологии аддитивного производства стеновой опалубки из углепластика // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 28–31.

УДК 699.844  
DOI 10.52684/2312-3702-2022-40-2-31-36

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В ДОМАХ,  
ПОСТРОЕННЫХ ПО МОНОЛИТНО-КАРКАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

*К. А. Гуреев, Д. В. Трясцин*

**Гуреев Кирилл Александрович**, кандидат экономических наук, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация, тел.: +7(908)273-56-36; e-mail: gureev.prof@gmail.com;  
**Трясцин Дмитрий Владимирович**, магистрант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация, тел.: +7(951)936-37-72; e-mail: tryascin77@mail.ru

Рассмотрена значимость звукоизоляции для обеспечения комфорта жильцов в многоквартирном доме. Отмечено, что по статистике количество жалоб на плохую звукоизоляцию больше у жильцов домов, построенных по монолитно-каркасной технологии. Расписаны способы по улучшению звукоизоляции в новостроящихся жилых многоквартирных зданиях. Представлена сводная информация о современных требованиях к звукоизоляции. Представлен основной перечень применяемых современных материалов, используемых для улучшения звукоизоляции в квартире. Особое внимание уделяется вопросу повышения качества звукоизоляции в уже построенных объектах с явными отклонениями от норм, что позволит улучшить качество проживания собственников. Информация основывается на проведенных исследованиях по улучшению звукоизоляции с применением современных материалов и технологий.

**Ключевые слова:** монолитно-каркасное строительство, комфорт, нормирование звукоизоляции, индекс изоляции, улучшение звукоизоляции внутренних стен и межэтажных перегородок, современные технологии строительства.

**THE WAYS TO INCREASE SOUND INSULATION IN HOUSES BUILT  
USING MONOLITHIC FRAME TECHNOLOGY**

*K. A. Gureyev, D. V. Tryastsin*

**Gureyev Kirill Aleksandrovich**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, phone: +7(908)273-56-36; e-mail: gureev.prof@gmail.com;  
**Tryastsin Dmitriy Vladimirovich**, Masters student, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation, phone: +7(951)936-37-72. e-mail: tryascin77@mail.ru

The importance of sound insulation to ensure the comfort of residents in an apartment building is considered. It is noted that according to statistics, the number of complaints about poor sound insulation is greater among residents of houses built using monolithic frame technology. The ways to improve the sound insulation in newly built residential multiple buildings are described. A summary of modern requirements for sound insulation is presented. The main list of applied modern materials used to improve sound insulation in the apartment is presented. Special attention is paid to the issue of improving the quality of sound insulation in already built facilities with obvious deviations from the norms, which will improve the quality of the owners' accommodation. The information is based on research conducted to improve sound insulation using modern materials and technologies.