

УДК 656.6

СОЗДАНИЕ БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ 3D ПЕЧАТИ

Мотузок Николай Евгеньевич¹, студент

e-mail: nmotuzuk2004@gmail.com

Власов Владимир Николаевич¹, старший преподаватель

e-mail: vn_vlasov@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются варианты применения 3D печати при строительстве берегоукрепительных конструкций, выбор 3D принтера и бетонной смеси с помощью которых будут возводиться гидротехнические сооружения, а также сравниваться варианты микроармирования бетонной смеси и будут показаны варианты сооружений, которые планируется производить с помощью данной технологии.

Ключевые слова: 3D печать, 3D принтер, микроармирование, фиброволокно, гидротехнические сооружения, берегоукрепительные конструкции.

CREATION OF SHORE-PROTECTING STRUCTURES USING 3D CONSTRUCTION PRINTING TECHNOLOGIES

Nikolay E. Motuzyuk¹, Student

e-mail: nmotuzuk2004@gmail.com

Vladimir N. Vlasov¹, Senior Lecturer

e-mail: vn_vlasov@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article discusses the options for using 3D printing in the construction of coastal protection structures, the choice of a 3D printer and a concrete mixture with which hydraulic structures will be built, and also compares the options for micro-reinforcement of the concrete mixture.

Keywords: 3D printing, 3D printer, micro-reinforcement, fibroblast, hydraulic structures, shore protection structures.

Целью данной работы является совершенствование технологического процесса возведения берегоукрепительных конструкций и поиск области применения технологий 3D печати в гидротехническом строительстве.

Таким 3D принтером является устройство от компании PBC 3D представленный на Рисунке 1 [3].



геоформ™ 3D
ЛЕПТО / PVC

СМЕШАННАЯ СТРУКТУРАЛЬНАЯ ПОДКЛАДКА ЛЕПТО-РРС

Смесь рифленой и гладкой пленки (3D-формированная пленка ЛЕПТО-РРС) и нетканого материала (гладкая пленка ЛЕПТО-РРС). Обеспечивает эффективную защиту от протечек, предотвращает смешивание слоев, обеспечивает защиту от сорняков, предотвращает смешивание слоев, предотвращает смешивание слоев, предотвращает смешивание слоев.

Смесь ЛЕПТО-РРС (гладкая пленка) и нетканого материала (гладкая пленка ЛЕПТО-РРС). Обеспечивает эффективную защиту от протечек, предотвращает смешивание слоев, обеспечивает защиту от сорняков, предотвращает смешивание слоев, предотвращает смешивание слоев.

Видео: <https://www.youtube.com/watch?v=...>

геобетон

3D

ЛЕПТО RS

Лист 1 из 2

Протокол испытаний № 298
от 16 июня 2025 г.

Основание для проведения испытаний: Договор № К.552-25 от 02.06.2025 г.

Наименование (контактные данные) Заказчика: ООО «ТОБЕТОН».

Наименование продукции (образца испытаний): Геоформ 3D RVS (по данным Заказчика).

Дата изготовления: 28.04.2025г. (по данным Заказчика).

Дата получения образца: 23.05.2025 г.

Сведения об испытываемых образцах: Образцы-кубы размером 100х100х100 мм в количестве 24-х штук, образцы-цилиндры диаметром 150 мм и высотой 150 мм в количестве 6-ти штук.

Маркировка полученных образцов: Г1/28.04

Методы испытаний: ГОСТ 10660-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» (Испытания проводились по третьему ускоренному методу, методы насыщения и среда замораживания-оттаивания 5 %-ый водный раствор хлорида натрия, температура замораживания мин. 50±2°С).

Условия проведения испытаний: t=от 20 до 22 °С; φ=от 60 до 65 %.

Дата проведения испытаний: с 29.05.2025 г. по 16.06.2025 г.

Результаты испытаний: Представлены в приложениях №1 и №2 (количество листов - 2).

Заключение: по результатам испытаний установлено, что представленные образцы Геоформ 3D RVS, серии Г1/28.04:

- имеют марку по водонепроницаемости W20;
- имеют марку по морозостойкости F300.

При проведении испытаний дополнений, отклонений или исключений из метода не было. Результаты, полученные от внешних поставщиков, не использовались.

ИНИИ «МГСУ» СТРОЙ ТЕСТ не несет ответственность за данные, предоставленные Заказчиком.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет МГСУ» СТРОЙ ТЕСТ	ПОДПИСЬ	ШКАПОВА И.С.
ТЕКУЩИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ Результаты, полученные от внешних поставщиков, не использовались. «16.06.2025» г. МГ. Для полного представления информации испытаний был разработан «16.06.2025» г. МГ. Методом, Методом ГОСТ 10660-2012 по Заказчику Телефон: +7 (495) 260-40-26, +7 (495) 260-41-26		
ДЛЯ ПРОТОКОЛОВ		

Рисунок 2 – Бетонная смесь Геоформ 3D RVS

Исходя из опыта строительства гидротехнических сооружений была выявлена потребность в повышении прочности и коррозионной стойкости.

Было решено использовать базальтовое микроармирование бетонной смеси, так как оно повышает прочность и лёгкость конструкции, а также обладает хорошей коррозионной стойкостью (см. Таблицу 1) [2].

Таблица 1. Сравнительная характеристика различной фибры

Показатель	Базальтовая фибра	Полипропиленовая фибра	Стекловолоконная фибра	Стальная фибра
Материал	Базальтовое волокно	Полипропилен	Стекловолоконно	Проволока из углеродистой стали
Прочность на растяжение, МПа	3500	150-600	1500-3500	600-1500
Диаметр волокна	13-17 мкм	10-25 мкм	13-15 мкм	0,5-1,2 мм
Модуль упругости ГПа	Не менее 75	35	75	190
Стойкость к щелочам и коррозии	Высокая	Высокая	Только у щелочестойкого волокна	Низкая
Плотность, г/см ³	2,60	0,91	2,60	7,80

Таким образом при реализации данной технологии и бетонной смеси с учётом микроармирования, можно приступать к строительству берегоукрепительных сооружений, предполагается постройка сооружений, не работающих на растяжение, так как армирование таких построек не даёт нам достаточной прочности на данный фактор. Реализация технологии 3D печати подразумевает возведение берегоукрепительной стенки из бетонных массивов представленной на Рисунке 3.

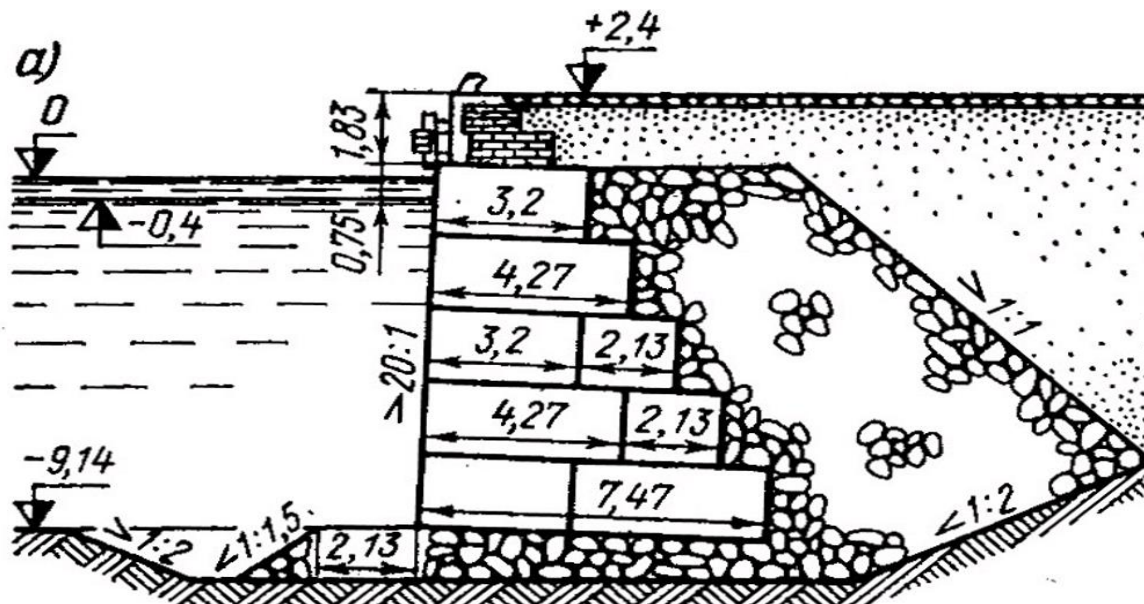


Рисунок 3 – Набережная из бетонных массивов

Предлагается использовать технологию 3D печати в замене верхних бетонных массивов. Верхние массивы не держат огромную сдвигающую нагрузку, как верхние, а значит можно применить технологию 3D печати, так как получится сделать более лёгкую и дешёвую конструкцию. Верхние блоки будут находиться в надводной части сооружения, а значит будет иметься пространство для дизайнерских решений (выбора формы и цвета блока).

Преимуществами являются:

- 1) Скорость возведения
- 2) Сокращение земляных работ (можно подстраивать постройку под особенности местности) [1]
- 3) Различные формы и цвет конструкции
- 4) Облегчение веса постройки за счёт применения базальтового фиброволокна
- 5) Сокращение персонала (достаточно одного оператора на несколько принтеров)

К недостаткам можно отнести: большие первоначальные затраты на закупку 3D принтеров, отсутствие данных по долговечности берегоукрепительных конструкций, возведённых с помощью технологий 3D печати.

Вывод: несмотря на отмеченные недостатки применение 3D печати с использованием композитных материалов является целесообразным для совершенствования технологического процесса возведения берегоукрепительных конструкций

Список литературы:

1. Мотузюк Н.Е., Власов В.Н. Применение 3d печати в изготовлении гидротехнических конструкций. // Транспорт. Горизонты развития. 2025: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2025. – URL: http://вф-пека-море.рф/2025/4_47.pdf (дата обращения: 30.05.2025)
2. Технические характеристики фибробетона : [Электронный ресурс] // МосБетонТорг. — URL: <https://mosbetontorg.ru/informatsiya/tekhnicheskie-kharakteristiki-fibrobeta/?ysclid=mqrn0zfutp362730960> (дата обращения: 02.02.2026).
3. RVS 3D : сайт. — URL: <https://rvs3d.ru/> (дата обращения: 03.04.2026).
4. Геобетон : сайт. — URL: <https://geobeton.ru/produkty/smesi-dlya-stroitelnoy-3D-pechati/> (дата обращения: 04.04.2026).

