

УДК 629.12+004.9

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СУДОСТРОЕНИИ

Прокопенко Никита Михайлович¹, старший преподаватель
e-mail: nikoprk@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные разработки в сфере аддитивных технологий, которые применяются или могут применяться в судостроении. Проведено описание различных методов печати, которые могут быть применены в производстве. Изучены несколько существующих примеров разработок по созданию судов с использованием аддитивных технологий. Рассмотрены текущие отечественные наработки в сфере 3D-печати.

Ключевые слова: аддитивные технологии, судостроение, кораблестроение, FDM, SLS, макетирование.

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN SHIPBUILDING

Nikita M. Prokopenko¹, Senior Lecturer
e-mail: nikoprk@yandex.ru

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

Abstract. This article examines current developments in additive manufacturing that are currently being or could be applied in shipbuilding. It describes various printing methods that can be applied in production. Several existing examples of shipbuilding using additive manufacturing are examined. Current domestic developments in 3D printing are also reviewed.

Keywords: additive manufacturing, shipbuilding, shipbuilding, FDM, SLS, prototyping.

Аддитивные технологии являются быстро развивающейся отраслью, которая все больше внедряется в различные сферы производств. Главными преимуществами 3д печати являются: возможность быстрого прототипирования и макетирования, создание элементов, имеющих сложные формы, быстрая замена недоступных деталей. В 2021 году был введен ГОСТ «Аддитивные технологии ПОДТВЕРЖДЕНИЕ КАЧЕСТВА И СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МОРСКОЙ ТЕХНИКИ», который устанавливает нормы и требования для аддитивных технологий. Главным образом рассматривается печать металлическими порошками и печать стандартных, уже существующих элементов и

деталей. Многие российские компании, такие как Росатом и Ростех так же активно занимаются разработками, связанными с аддитивными технологиями [1].

Стоит рассматривать новые сферы для применения аддитивных технологий, открывая путь ранее не применяемым методикам производства. Внедрение аддитивных технологий не подразумевает полную замену старых технологических процессов, а лишь их модернизацию или модернизацию их элементов. В том числе такие применения необходимо рассматривать и в судостроении.

Самым распространённым видом печати на производстве – печать из металлического порошка (SLS) [2]. Порошковая печать имеет одно главное преимущество – печать почти полностью готовых металлических деталей. Но в большинстве случаев простая замена классического метода производства аддитивными технологиями не является выгодной и целесообразной. Широкое применение трёхмерная печать получает именно в областях, где необходимо создавать сложные нестандартные формы, экономить материал и уменьшать вес конечного изделия (например, авиастроение и ракетостроение) (рис. 1) [3].

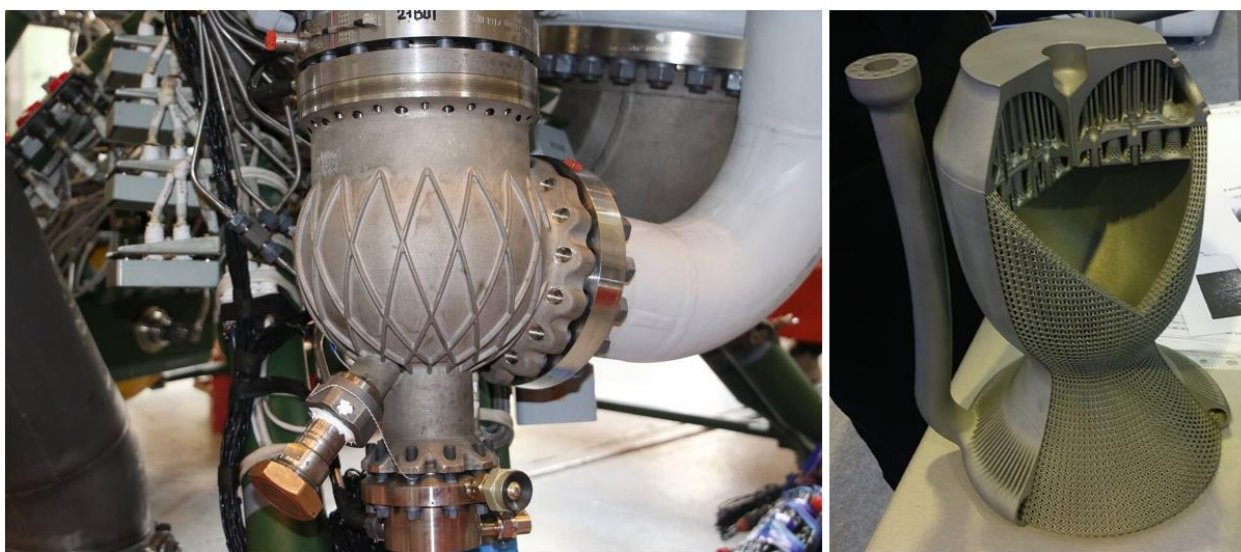


Рисунок 1 –Ракетный двигатель для ракеты носителя «Ангара» (слева), Жидкостной ракетный двигатель(справа), напечатанные их металлического порошка

Но более классические и распространенные методы печати, как например, FDM (Fused deposition modeling) тоже применимы в широком спектре задач.

В первую очередь, печать применяется для создания оснастки и элементов корпусных деталей судов. Возможными направлениями для применения FDM технологий в судостроении являются: ремонт или замена деталей, вышедших из строя; создание различной оснастки, необходимой на судне; печать малых корпусных деталей и деталей сложной формы (например крыльчатки двигателей); прототипирование деталей и корпусных элементов при их разработке.

На данный момент есть множество реальных примеров внедрения аддитивных технологий в судостроении.

Компания CEAD (Нидерланды) разработала метод создания корпусов судна размерами до 12 метров длину и 4 метра в ширину при помощи крупногабаритной печати [4]. Подобные легкие суда могут быть созданы автономно за срок в 8 дней и производятся из специального HDPE пластика (рис. 2).



Рисунок 2 –Процесс печати корпуса судна (слева), испытание получившегося автономного судна на базе НАТО (справа)

Для печати применяются специальные манипуляторы, которые создают корпус, печатая слоями под наклоном в 45 градусов, что позволяет теоретически создавать конструкции неограниченной длины. В том числе данная компания разработала процесс по созданию форм или матриц, которые применяются в судостроении, автомобилестроении и аэрокосмической промышленности.

Данная технология так же дополняется последующей обработкой полученных форм много осевым фрезерным роботом, что значительно повышает качество полученных деталей и позволяет нивелировать недостатки, ассоциированные с 3д печатью.

Так же все чаще компании обращаются к печати с использованием металла. В 2017 году компания Valkwelding в сотрудничестве с RAMLAB и Autodesk создала гребной винт при помощи технологии наплавления металла (металлического прутка) (рис. 3) с использованием много осевой печати (WAAM - Wire Arc Additive Manufacturing). Первый прототип имел диаметр около полутора метров и весил 400 килограмм [5].

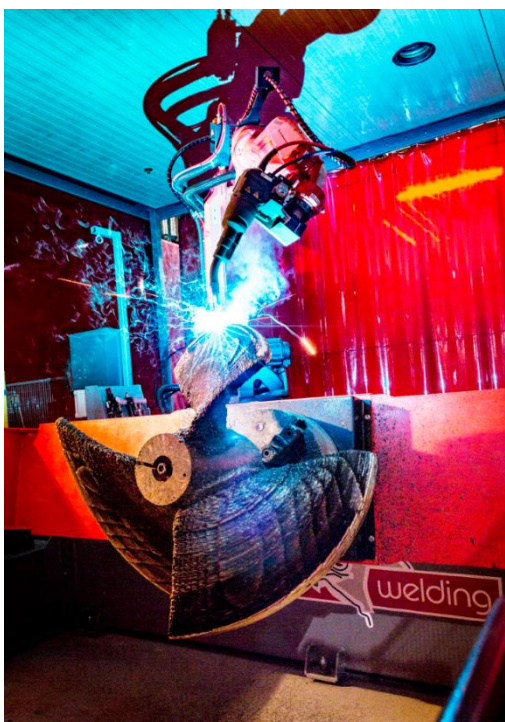


Рисунок 3 –Печать гребного винта

Компания Naval Group в 2021 году так же создала составной гребной винт, напечатанный при помощи аддитивных технологий. Данный пропеллер имел 5 200 килограммовых лопастей и успешно прошел испытания. Данная технология предусматривает создание лопастей непосредственно на военных судах в обычных рабочих условиях. Главными преимуществами данного пропеллера являются: уменьшение массы, стоимости и задержек в работе судна; увеличение производительности, уменьшение шума.

Таким образом, внедрение аддитивных технологий имеет большие перспективы для модернизации и автоматизации некоторых элементов судостроения, а также открывает новые пути по проведению ремонта и судоремонта непосредственно на самих судах. Необходимо рассмотреть возможные пути внедрения трёхмерной печати в судостроении, и возможность разработки специализированного оборудования, для создания элементов судов при помощи печати.

Список литературы:

1. «Росатом» и «Ростех» создали первый отраслевой эталон для проверки качества материала для 3D-печати. – URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2026/05/05/165565> (дата обращения: 10.05.2026).
2. Султанова Ф.Р., Нам И.Э. Мирзахакимов С.Б. Технология селективного лазерного спекания (SLS) // Инновационная наука. - 2016. - №10.
3. Инженеры РФ «напечатали» мощный ракетный двигатель РД-191МР для модернизированной ракеты-носителя «Ангара». – URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2026/03/03/163924> (дата обращения: 28.04.2026).
4. Carlos M S Vicente, Manuel de Figueiredo Sardinha, Luis Reis, A. M. R. Ribeiro, Marco Leite Large-format additive manufacturing of polymer extrusion-based deposition systems: review and applications // Progress in Additive Manufacturing. - 2023. - №8.
5. 3D-printed ship propeller becomes reality. – URL: <https://valkwelding.com/en/solutions/3d-printed-ship-propeller-becomes-reality> (дата обращения: 25.04.2026).

