

Гун Чжицюн

магистр  
строительные материалы и технологии  
Российский университет транспорта

## «ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА БЕТОННЫХ КОРАБЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D ТЕХНОЛОГИИ (ТЕХНОЛОГИЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ КОРАБЛЕЙ)»

*Аннотация, данная* Статья рассматривает инновационные технологии строительства бетонных кораблей с использованием 3D-печати. Проанализированы ключевые преимущества такого подхода, такие как эффективное использование материалов, снижение веса конструкции и повышение общей производительности судна. Представлены практические примеры успешной реализации 3D-печати в судостроении, а также освещены перспективы данной технологии в создании более экологически устойчивых морских судов.

*Ключевые слова.* 3D-печать, судостроение, бетонные корабли, аддитивное производство, инновации, эффективное использование материалов, экологическая устойчивость.

*Abstract.* The article explores innovative technologies in the construction of concrete ships using 3D printing. Key advantages of this approach, such as efficient material utilization, weight reduction, and enhanced overall vessel performance, are analyzed. Practical examples of successful implementation of 3D printing in shipbuilding are presented, along with insights into the prospects of this technology in creating more environmentally sustainable maritime vessels.

*Keywords.* 3D printing, shipbuilding, concrete ships, additive manufacturing, innovations, efficient material utilization, environmental sustainability.

Технология 3D-печати, или аддитивного производства, продолжает революционизировать различные отрасли, внося инновации в процессы производства и стимулируя создание уникальных продуктов. В этот ряд инноваций внедряется и строительная индустрия, претворяя в жизнь идею 3D-печати бетонных кораблей, данный футуристический подход к судостроению не только изменяет традиционные методы создания судов, но и открывает новые горизонты в области дизайна, эффективности и экологической устойчивости. В данной статье мы рассмотрим ключевые аспекты технологии 3D-печати бетонных кораблей, выявим ее преимущества и познакомимся с инновационными решениями, которые перекрывают границы традиционного судостроения.

Материалы на основе цемента включают традиционные компоненты, такие как цемент, мелкий и крупный заполнители, и воду, которые составляют основу традиционных бетонных материалов, такие материалы широко применяются в промышленном и коммерческом строительстве, но благодаря технологии 3D-печати, их структуру можно оптимизировать для более эффективного использования и повышения качества бетона. Полимерные материалы представляют собой новый тип бетонных материалов, обладающих способностью снижения плотности, увеличения гибкости и долговечности бетона, что в конечном итоге приносит лучшие характеристики, они представляют перспективное направление для улучшения производства бетонных кораблей. Исследования также ведутся с использованием биоматериалов и целлюлозных материалов для 3D-печати бетона, такие инновационные подходы направлены на улучшение экологических свойств бетонных конструкций, сокращение зависимости от традиционных ресурсов и создание устойчивых и эффективных материалов для кораблей. Прогресс в технологии 3D-печати бетонных кораблей включает оптимизацию формы и структуры. Использование 3D-печати позволяет создавать сложные формы и структуры, улучшая гидродинамические характеристики бетонных кораблей, повышая их эффективность и устойчивость. Технология также способствует экономии ресурсов через более точное расходование материалов и возможность использования инновационных композитных материалов, к тому же она ускоряет процесс строительства бетонных кораблей, снижая временные и финансовые затраты.

С развитием технологии 3D-печати бетона наблюдается постепенное расширение масштабов строительства. В 2018 году бельгийская строительная компания Kamp C успешно применила 3D-печать для возведения дома площадью 127 квадратных метров. Последующие проекты французской компании XtreeE и австрийской компании LEGO Team включали в себя

печать строений высотой 18 и 31 метр соответственно. Расширение области применения 3D-печати бетона не ограничивается только общественными строениями, ее использование постоянно расширяется на строительство домов, мостов и других объектов. Примечательным примером стал завершённый в 2019 году в Китае проект по строительству 38-этажного здания с использованием 3D-печатных бетонных панелей, что привлекло внимание мировых СМИ. В области строительства бетонных кораблей с применением 3D-печати отмечается прогресс в нескольких направлениях. Использование этой технологии позволяет достигать высокой точности и сложности форм, что влияет на эстетические качества кораблей и оптимизирует их гидродинамические характеристики. Применение 3D-печати также способствует повышению эффективности производства, сокращению времени на возведение корпуса и уменьшению трудозатрат. Важным аспектом также является развитие экологически устойчивых кораблей, благодаря использованию инновационных материалов и сокращению отходов.

Технология строительства бетонных кораблей с использованием 3D технологии представляет собой инновационный подход к производству судов, который основан на принципах аддитивного производства, данная технология, также известная как 3D-печать, выделяется в области быстрого изготовления и настройки специальных деталей, что приобретает особенное значение в контексте судостроительной промышленности. В 2015 году Американское бюро судостроения (ABS) опубликовало обширное руководство под названием "ABS Руководство по применению 3D-печати в судостроении и морской индустрии", раскрывающее огромные перспективы и потенциал развития 3D-печати в судостроительной области. В настоящее время ведущие судостроительные компании, такие как Hyundai Heavy Industries и Hyundai Mipo Dockyard, активно сотрудничают с различными партнерами для ускоренного внедрения технологии 3D-печати. В феврале

2022 года Hyundai Heavy Industries подписала соглашение о разработке и внедрении технологии 3D-печати в судостроении с Усанским институтом по развитию информационной индустрии, Корейским институтом производственных технологий, Корейской ассоциацией по интеграции 3D-печати и Корейским обществом по судостроительным стандартам. В мае 2022 года Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME) совместно с американским поставщиком услуг 3D-печати Ingenuity 3D "напечатали" модель экспериментального корабля с двойным корпусом длиной 10 метров.

Что такое 3D-печать? 3D-печать представляет собой метод быстрого формирования, также известный как аддитивное производство, данная технология использует цифровые модели файлов в качестве основы и применяет материалы, такие как порошковый металл или пластик, которые способны склеиваться. Объект создается путем слоевого нанесения материала. В отличие от обычных принтеров, где используются чернила и бумага, 3D-принтеры оснащены различными "печатающими материалами" - металлом, керамикой, пластиком, песком и другими, данная технология предоставляет возможность быстрого и точного производства сложных форм, что является основным преимуществом в создании индивидуальных деталей для судостроения. Возможность быстро изменять параметры и изготавливать детали малыми партиями или даже единичными экземплярами делает 3D-печать идеальным выбором для судостроительной промышленности, особенно при строительстве бетонных кораблей.

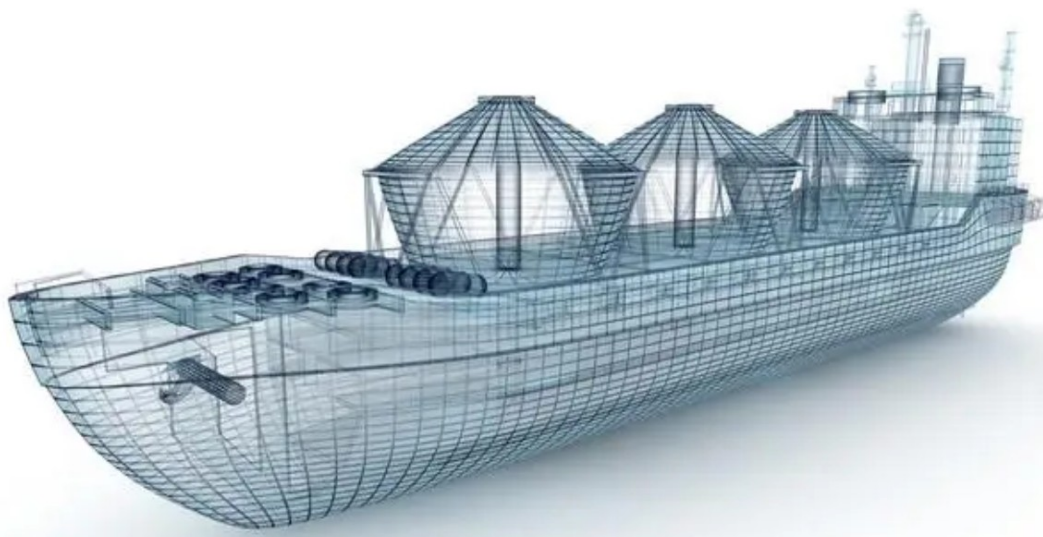


Рисунок 1. Модель нефтяного танкера

Преимущества 3D-печати в судостроении: Ускорение разработки новых продуктов. Технология 3D-печати значительно ускоряет процесс разработки новых продуктов в судостроительной отрасли, снижая при этом затраты на исследования и разработки. Благодаря удобству формирования, данная технология позволяет более эффективно проверять и улучшать параметры и концепции дизайна, повышая уровень дизайнерской компетентности и общую эффективность процесса, к примеру при проектировании новой детали конструкции, инженеры могут одновременно представить 10 вариантов и быстро проверить их разумность с использованием 3D-печати. Даже для крупных корпусных проектов возможно быстрое создание моделей, что существенно снижает расходы на исследования и разработки. Экономичное производство вспомогательных продуктов. Так как продукция, дополняющая корабли, часто производится в небольших сериях и подлежит индивидуальному заказу, 3D-печать позволяет гибко настраивать параметры, снижая затраты на производство даже при небольших партиях или изготовлении единичных экземпляров, к тому же эта технология обеспечивает значительное упрощение процесса обслуживания вспомогательных компонентов. Благодаря 3D-печати можно быстро провести ремонт и замену частей корпуса, что существенно снижает затраты по

сравнению с традиционными методами ремонта. Производство сложных деталей с высокой точностью. Технология 3D-печати предоставляет возможность производить продукцию, сложность изготовления которой выходит за рамки традиционных методов. В отличие от традиционных методов, таких как обработка по отрезанию, где для создания сложных конструкций необходимо удалить материал, 3D-печать позволяет быстро и точно создавать детали любой формы с повышенной точностью и гладкостью, что решает проблемы производства сложных структурных элементов, повышает точность обработки и, следовательно, улучшает характеристики продукции.

Следуя принципам, рассмотрим, как эта технология может быть успешно применена в строительстве бетонных кораблей. Преимущества 3D технологии в строительстве бетонных кораблей:

1. Эффективное использование материалов и снижение веса конструкции. Технология 3D-печати обеспечивает более эффективное использование строительных материалов и позволяет создавать конструкции с минимальным расходом ресурсов, что особенно актуально в строительстве бетонных кораблей, где уменьшение веса корпуса может значительно повысить скорость и улучшить управляемость. Сравнительно с традиционными методами, 3D-печать создает более легкие детали, что способствует оптимизации баланса корабля и уменьшению потенциальных рисков, связанных с уменьшением веса.

2. Снижение потребности в последующей обработке продукции. 3D-печать создает изделия с минимальным количеством дополнительной обработки, что позволяет сэкономить материалы и снизить объем складирования, ко всему прочему этот метод уменьшает необходимость передачи данных и количество поставщиков компонентов, что является важным аспектом для обеспечения конфиденциальности, особенно для предприятий, в том числе и оборонных.



3. Улучшение общей производительности корабля Применение 3D технологии в судостроении позволяет создавать сложные геометрические формы, оптимизируя структуру корабля и обеспечивая повышение производительности и легкость. В 2021 году итальянская компания Moì Composites представила 3D-напечатанную яхту MAMBO из стекловолокна, используя технологию непрерывного волокна (CFM), данная яхта демонстрирует новую, уникальную форму, которую невозможно было достичь традиционными методами. Материал из стекловолокна, созданный с использованием 3D-печати, делает корпус прочным, долговечным и легким, а роботизированный процесс обеспечивает масштабируемость размеров и экономическую эффективность. Практические примеры применения 3D технологии в судостроении - 3D-печать полного корпуса В мае 2021 года итальянская компания Moì Composites представила яхту MAMBO, которая была 3D-напечатана с использованием технологии CFM, данный инновационный процесс начинается с цифровой трехмерной модели и заканчивается машинной "печатью" корпуса. Яхта длиной 6,5 метра и шириной 2,5 метра продемонстрировала уникальную форму, которая стала возможной благодаря технологии 3D-печати. Материал из стекловолокна, созданный с использованием этой технологии, обеспечивает прочность, долговечность и легкость корпуса.

Современные методы аддитивного производства бетонных конструкций позволяют не только повысить эффективность и скорость строительства, но и создавать индивидуальные корпуса с высокой точностью и экологической устойчивостью. В результате применения технологии 3D-печати в судостроении, бетонные корабли становятся не только символом передовых технологий, но и уникальным сочетанием функциональности, легкости и экологической эффективности, данный инновационный подход обещает перерисовать горизонты судостроения, создавая мост между традицией и будущим.

## Список литературы

1. Авренюк, Андрей Восстановление бетонных и железобетонных конструкций / Андрей Авренюк. - Москва: Гостехиздат, 2011. - 184 с.
2. Ахвердов, И. Н. Акустическая технология бетонов / И.Н. Ахвердов. - М.: Стройиздат, 2012. - 144 с.
3. Белявский, Л.А. Бетонные дороги / Л.А. Белявский. - Л.: Гострансиздат, 2014. - 240 с.
4. Берг, О. Я. Высокопрочный бетон / О.Я. Берг. - М.: ЁЁ Медиа, 2015. - 50 с.