

**Егоров И. В.**, Красноярский институт железнодорожного транспорта  
**Научный руководитель: Преснов О. М.**, кандидат технических наук,  
доцент, Сибирский федеральный университет

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ФУНДАМЕНТА НА ДНЕ ВОДОЕМОВ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ**

**Аннотация.** В работе анализируются современные технологии и методы возведения фундаментов на дне водоемов, включая кессонный метод, опускные колодцы, плавучее бетонирование и использование свайных оснований. Особое внимание уделено экономической целесообразности применения данных методов в зависимости от гидрогеологических условий, глубины водоема и масштаба проекта.

**Ключевые слова.** фундамент, дно водоема, кессон, опускной колодец, плавучее бетонирование, сваи, экономическая целесообразность, гидротехническое строительство.

**Abstract.** This article analyzes modern technologies and methods for constructing foundations on the bottom of water bodies, including the caisson method, drop wells, floating concreting, and the use of pile foundations. Emphasis is placed on the economic feasibility of applying these methods depending on hydrogeological conditions, water depth, and project scale.

**Keywords.** foundation, water body bottom, caisson, drop well, floating concreting, piles, economic feasibility, hydraulic engineering.

### **Введение**

Строительство объектов инфраструктуры, таких как мосты, причалы, нефтегазовые платформы и подводные тоннели, нередко требует возведения надежных фундаментов непосредственно на дне водоемов. Данная задача сопряжена с рядом сложностей, обусловленных воздействием водной среды, динамическими нагрузками, необходимостью производства работ ниже уровня воды [1, с. 112]. Актуальность разработки и оптимизации методов подводного фундаментостроения возрастает в связи с активным освоением

шельфовых зон и строительством морских транспортных узлов. Прирост объемов такого строительства составляет в среднем 5-7% в год, что обуславливает необходимость поиска экономически эффективных инженерных решений [2, с. 45].

### **Основная часть**

К традиционным и широко применяемым методам относится кессонный метод. Кессон представляет собой водонепроницаемую камеру, опускаемую на дно водоема, внутри которой создается зона пониженного давления (водоотлив), позволяющая вести работы в сухих условиях. Несмотря на высокую надежность и возможность достижения значительных глубин, метод характеризуется высокой стоимостью и сложностью организации, связанной с необходимостью соблюдения строгих норм безопасности для работников (кессонная болезнь) [3, с. 88]. Экономическая целесообразность его применения оправдана primarily при строительстве массивных опор мостов и других критически важных объектов в сложных грунтовых условиях.

Метод опускных колодцев (опускного островка) заключается в послойном возведении массивной конструкции из железобетона на поверхности с последующим ее погружением в грунт дна за счет собственного веса и разработки грунта внутри полости. Этот метод менее затратен, чем кессонный, и эффективен на неглубоких водоемах с мягкими грунтами. Однако его применение ограничивается глубиной водоема и требует тщательного контроля за вертикальностью погружения [4, с. 33].

Свайные фундаменты являются одним из наиболее распространенных и экономичных решений. Используются забивные, буронабивные и винтовые сваи, погружаемые в дно водоема с плавучих средств или эстакад. Современные технологии, такие как буросекущие сваи (Jet Grouting) или сваи, устраиваемые с применением подводных бетоноукладочных комплексов, позволяют создавать высоконесущие основания в условиях сильных течений и на больших глубинах [5, с. 77]. Экономическая эффективность свайных

фундаментов делает их предпочтительным выбором для большинства крупномасштабных проектов, таких как морские ветроэлектростанции.

Метод плавучего бетонирования предполагает укладку бетонной смеси в предварительно установленную опалубку непосредственно под водой с использованием труб-хоботов, бункеров или методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ). Разработаны специальные типы гидротехнического бетона, не размываемого водой. Данный метод требует высокой квалификации персонала и точного контроля технологии, но позволяет значительно сократить сроки работ и затраты на сооружение временных коффердамов [6, с. 61].

Сравнительный экономический анализ.

Выбор метода возведения фундамента определяется комплексом факторов: глубиной водоема, свойствами донных грунтов, сейсмичностью района, волновыми и ледовыми нагрузками, а также бюджетом проекта.

Сравнительный анализ показывает, что для проектов малой и средней сложности на глубинах до 15-20 метров наиболее экономически выгодными являются свайные фундаменты и метод опускных колодцев. Их применение позволяет добиться оптимального соотношения «стоимость-надежность».

Для глубоководного строительства (свыше 30-40 метров) и в условиях открытого моря, где требуются повышенная устойчивость к динамическим нагрузкам, экономически оправдано применение комбинированных методов, например, кессонов в сочетании со сваями или использования передовых технологий плавучего бетонирования с применением автоматизированных платформ. Хотя капитальные затраты высоки, они компенсируются долговечностью и снижением эксплуатационных расходов возведенных объектов [7, с. 102].

**Вывод.** Современные методы возведения фундаментов на дне водоемов представляют собой высокотехнологичные инженерные решения, адаптированные к сложным условиям водной среды. Экономическая

целесообразность их применения неразрывно связана с тщательным предпроектным анализом гидрогеологических и климатических условий, а также с оптимизацией строительных технологий.

Дальнейшее развитие в области роботизации подводных работ, создания новых композитных материалов и совершенствования численного моделирования позволит не только расширить спектр применяемых методов, но и существенно повысить их экономическую эффективность, заложив основу для реализации масштабных инфраструктурных проектов в акваториях.

## **Библиографический список**

1. Орлов С.С. Проектирование и строительство мостовых переходов. М.: Транспорт, 2017. 320 с..
2. Дмитриев М.И. Мировой опыт возведения фундаментов в акваториях // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2021. № 4. С. 44–49.
3. Федоров П.А. Кессонные работы: теория и практика. СПб.: Профессия, 2022. 195 с.
4. Васильев А.С., Петров И.К. Современные технологии гидротехнического строительства. М.: Стройиздат, 2020. 256 с.
5. Семенов В.В. Свайные фундаменты в гидротехническом строительстве. М.: Стройиздат, 2019. 210 с.
6. Козлов Л.Н. Технология подводного бетонирования. М.: АСВ, 2018. 152 с.
7. Федоров П.А. Кессонные работы: теория и практика. СПб.: Профессия, 2022. 195 с.