

УДК 666.97.03

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ В МОРСКОЙ ВОДЕ



## TECHNOLOGY OF CONCRETE WORKS IN SEA WATER

**Винников А.С.**

студент,  
Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина  
alex2002vin@gmail.com

**Быченко Р.Ю.**

студент,  
Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина

**Аннотация.** В статье рассматриваются определенные требования к свойствам и составу гидробетона, предпринята попытка проанализировать технологии и выявить особенности основных методов подводного бетонирования, используемых при проведении аварийно-восстановительных и ремонтных работ на гидротехнических сооружениях, подводных частях зданий и сооружений, элементах транспортной инфраструктуры и другие объекты, расположенные под водой.

**Ключевые слова:** гидробетон, подводное бетонирование, технологии, сооружения.

**Vinnikov A.S.**

Student,  
Kuban State Agrarian University  
named after I.T. Trubilin  
alex2002vin@gmail.com

**Bychenko R.Yu.**

Student,  
Kuban State Agrarian University  
named after I.T. Trubilin

**Annotation.** The article considers certain requirements for the properties and composition of hydraulic concrete, attempts to analyze the technologies and identify the features of the main methods of underwater concreting used in emergency recovery and repair work on hydraulic structures, underwater parts of buildings and structures, on elements of transport infrastructure and other objects located under water.

**Keywords:** hydro concrete, underwater concreting, technologies, structure.

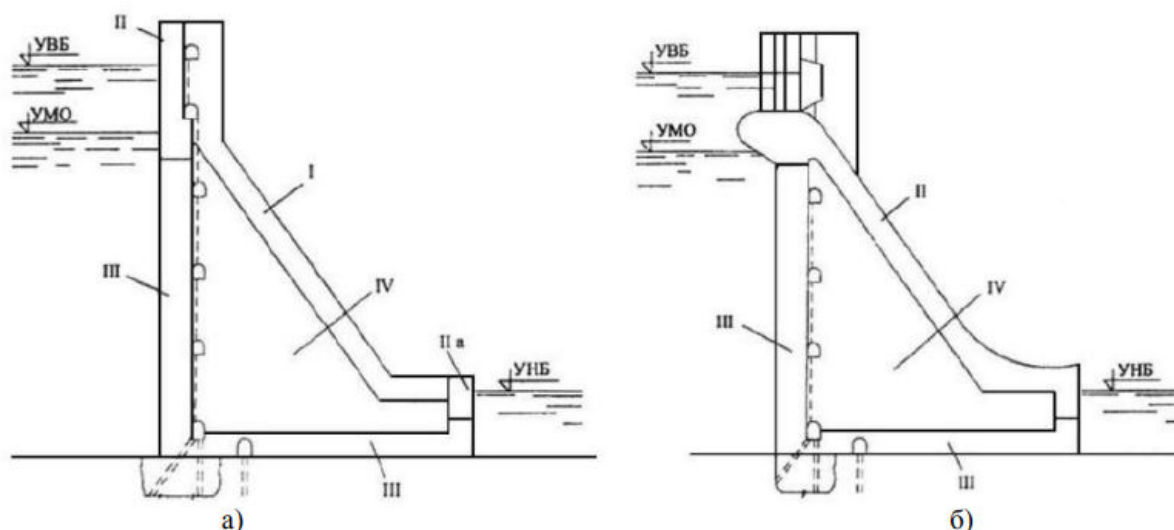
На сегодняшний день основным строительным материалом остается бетон, скорость набора прочности которого во многом является определяющим фактором темпов возведения зданий и сооружений. [1]

Для подводного бетонирования, применяются тяжелые и мелкозернистые бетоны средней плотности от D2000 до D2500 кг/м<sup>3</sup> включительно, обеспечивающие требуемые показатели по прочности (как правило, В7,5–В40, отвечающих значению гарантированной прочности, с обеспеченностью  $q = 0,90$  и  $q = 0,95$ ; значения принимаются на 180 сутки созревания бетона для речных сооружений и на 28-е для морских), водонепроницаемости ( $W_2$ – $W_{12}$ ; на 180 сутки), морозостойкости (F150–F1500; на 28-е сутки) и т.д. в соответствии с климатическими условиями эксплуатации сооружений, степенью агрессивности среды и характером взаимодействия бетонируемой части сооружения с водой – наружных (надводной, подводной, переменного уровня) и внутренней зон (рис. 1) [3].

Наиболее ответственным, вследствие максимальных волновых и ледовых воздействий, а также циклов замораживания-оттаивания, участком работ является зона переменного уровня воды. В таблице 1 отображены основные требования к бетону различных зон гидротехнических сооружений.

В роли мелкого заполнителя используется природный или искусственный песок с модулем крупности от  $M_k 1,5$  до  $M_k 3,0$  и содержанием пылевидных и глинистых частиц для зоны переменного уровня воды и в зоне воздействия высокоскоростных потоков менее 2 %. Крупным заполнителем выступает щебень изверженных и осадочных пород фракций от 10 до 120 мм (для массивных сооружений – 120–150 мм).

Говоря о добавках-ускорителях, можно отметить, что их применение практикуется не только в бетонировании монолитных конструкций, но и в технологии производства сборного бетона, а также железобетона. Действие этих добавок направлено на сокращение сроков схватывания бетонной смеси и интенсификации ее твердения в первые же сутки [4].



**Рисунок 1** – Распределение бетона в теле плотины по зонам: а – глухая плотна; б – водосливная плотина; I – наружные части плотин и их элементов, находящиеся под атмосферным воздействием и не омываемые водой бьефов; II – наружные части плотин в пределах колебания уровней воды в верхнем и нижнем бьефах (II а), а также части и элементы плотин, периодически подвергающиеся действию потока воды: водосбросы, водоспуски, водовыпуски, водобойные устройства и др.; III – наружные, а также примыкающие к основанию части плотин, расположенные ниже минимальных эксплуатационных уровней воды верхнего и нижнего бьефов; IV – внутренняя часть плотин, ограниченная зонами I–III

**Таблица 1** – Основные требования к бетону различных зон гидротехнических сооружений

Предъявляемые требования к качеству бетона	Зоны			
	I	II	III	IV
Водонепроницаемость	+	+	–	–
Морозостойкость	–	+	+	–
Прочность	+	+	+	+
Усадка при твердении	+	+	+	+

Ускорители активируют процесс гидратации цемента, что приводит к быстрому образованию гелей, которые захватывают в свои ячейки большое количество жидкой фазы и тем самым вызывают быстрое схватывание и последующее интенсивное упрочнение цементного камня.

Соответствие прочностных характеристик гидротехнических тяжелых бетонов на крупном заполнителе и марок (классов) цементов, применяемых как в строительстве, так и при аварийных и ремонтно-восстановительных работах, отображено в таблице 2. [3]

Допустимое водоцементное отношение ( $\frac{B}{C}$ ), как один из важнейших показателей характеризующих свойство строительного раствора в зависимости от зоны расположения места бетонирования и гидрометеорологических условий отображено в таблице 3 [3].

Подводное бетонирование при аварийных, ремонтно-восстановительных работах, в основном, выполняют укладкой в мешках, способами вертикально перемещаемой трубы (ВПТ), восходящего раствора (ВР) и инъекцированием.

Наиболее оперативным способом бетонирования при ведении аварийных работ является укладка бетона в мешках из прочной, способной пропускать воду и воздух ткани, заполненных не более чем на 2/3 во избежание образования пустот при их укладке. Бетонная смесь в мешках по 5–7 л должна иметь крупность заполнителя не более 10 мм, в мешках 10–20 л – ок. 40 мм. Подвижность бетонной смеси по осадке конуса обеспечивают в пределах 2–5 см. [2]

Поданные к месту укладки на тросе, в бадье специальной конструкции или иным способом мешки с бетонной смесью укладываются водолазом широкой плоскостью с перевязкой швов на высоту не более 2 м. Рекомендуется прошивать мешки металлическими прутьями диаметром 10–12 и длиной 300–400 мм.

**Таблица 2** – Соответствие прочностных характеристик гидротехнических тяжелых бетонов на крупном заполнителе и марок (классов) цемента

Класс бетона, МПа	Ср. прочность бетона, кгс/см <sup>2</sup>	Ближайшая марка бетона	Рекомендуемые марки (классы) цемента при твердении в нормальных условиях	
			марки	классы
B12,5	163,7	M150	300	22,5
B15	196,5	M200		
B20	261,9	M250		
B22,5	294,4	M300	400	32,5
B25	327,4	M350		
B30	392,9	M400		
B35	458,4	M450	500	42,5
B40	523,9	M500		
B45	589,4	M600		
B50	654,8	M700	600	52,5

**Таблица 3** – Допустимое водоцементное отношение строительных растворов

Зона расположения бетона	Предельно допустимая величина водоцементного отношения (В/Ц) для ремонта и изготовления					
	железобетонных конструкций			бетонных и малоармированных конструкций		
	Гидрометеорологические условия					
	лёгкие	средние	тяжелые	лёгкие	средние	тяжелые
Подземная и подводная	0,55	0,53	0,50	0,60	0,60	0,55
Переменного уровня воды	0,50	0,45	0,40	0,55	0,50	0,43
Надводная	0,60	0,55	0,50	0,65	0,65	0,55
Внутреннего наполнения	0,65	0,60	0,60	0,70	0,70	0,65

В ходе проведённого исследования были изучены требования к свойствам и составу гидротехнического бетона, описаны основные технологии подводного бетонирования, применяющиеся при ведении аварийных и ремонтно-восстановительных работ (метод укладки в мешках, метод вертикально перемещаемой трубы, метод восходящего раствора, инъецирование) и произведена попытка их сравнительного анализа. Также затронут вопрос иных технических средств необходимых для обеспечения осуществления работ по подводному бетонированию в случае ЧС (средства транспортировки ремонтных смесей и растворов к месту работ). [3]

Укладка бетона под водой в мешках видится наиболее оперативным способом ликвидации последствий ЧС, в то время как для предотвращения возникновения ЧС более предпочтителен способ бетонирования методом ВПТ, как дающий наиболее монолитную кладку и наивысшую прочность бетона.

### Литература

1. Заворотынская В.В., Тхазеплова Д.А., Шиховцов А.А. Современные технологии ускорения набора прочности бетона // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 641–649.
2. Кириченко В.А., Шиховцов А.А., Митин А.Б. Экономико-технологические аспекты применения полистиролбетона // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 9–3 (86). – С. 1204–1207.
3. Комиссаров А.Н., Шиховцов А.А. Развитие ресурсосберегающих технологий в строительстве // Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 133–136.
4. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 36.

## References

1. Zavorotynskaya V.V., Tkhazeplova D.A., Shikhovtsov A.A. Modern technologies of acceleration of concrete strength gain // Electronic network multimedia journal «Scientific Proceedings of Kuban State Technical University». – 2020. – № 8. – P. 641–649.
2. Kirichenko V.A., Shikhovtsov A.A., Mitin A.B. Economic and technological aspects of polystyrene concrete application // Economics and entrepreneurship. – 2017. – № 9–3 (86). – P. 1204–1207.
3. Komissarov A.N., Shikhovtsov A.A. Development of resource-saving technologies in construction // Collection of articles of the International Scientific-Practical Conference. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Technological University», Institute of Construction and Transport Infrastructure; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Technical University»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 133–136.
4. Modern technologies of concrete strength acceleration / E.A. Langner [etc.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – V. 12. – № 5. – P. 36.