

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)	
<p>II издание</p> <p>Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 5-7 мая 2025 г. и 16-17 сентября 2025 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава</p> <p>Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 5-7 ноября 2025 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава</p> <p>Дата вступления в силу: 7 ноября 2025 года.</p> <p>Примечание: Теряет силу I издание Памятки от 08.10.1999.</p>	<p>P773/5</p>
<p>МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВА РАСТВОРА И БЕТОНА ДЛЯ ОБВОДНЕННЫХ ТОННЕЛЕЙ</p>	

2
СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Определение свойств, составляющих раствора и бетона	4
2. Определение состава раствора максимальной прочности, водонепроницаемости и морозостойкости	5
3. Определение состава бетона	6
4. Корректировка состава бетона и раствора	7

Введение

Настоящая памятка содержит основные положения по определению оптимальных составов раствора и бетона, обеспечивающих максимальную водонепроницаемость, морозостойкость и прочность, предназначенных для ремонта и строительства тоннельных сооружений в обводненных условиях.

Составы раствора предназначены для герметизации швов в сборных железобетонных и каменных обделках. Составы бетона предназначены для изготовления сборных и монолитных элементов тоннельных обделок, для заделки вывалов в каменных обделках.

Определение оптимального состава раствора и бетона включает определение свойств исходных составляющих, расчет состава и его корректировку опытным путем.

В качестве вяжущего используют портландцемент или его разновидности, в качестве заполнителей – песок кварцевый крупностью до 5 мм и щебень из плотных магматических горных пород фракции 5-20 мм в соответствии с действующими стандартами.

Определение состава выполняют для песка и щебня в сухом состоянии. Определение номинального состава по 4.1 предназначено для бетонов максимальной прочности, водонепроницаемости и морозостойкости из жестких бетонных смесей, по 4.2 – для бетонов заданной прочности.

1. Определение свойств, составляющих раствора и бетона

1.1. В соответствии с действующими стандартами, методы испытаний определяют:

- удельный вес цемента, песка и щебня – $\rho_{\text{ц}}$, $\rho_{\text{п}}$ и $\rho_{\text{щ}}$ соответственно, кг/м³;
- объёмно (насыпной) вес песка и щебня – $\rho^{\text{н}}_{\text{п}}$ и $\rho^{\text{н}}_{\text{щ}}$, соответственно, кг/м³;
- пустотность песка и щебня – $V_{\text{п}}$ и $V_{\text{щ}}$, соответственно, отн.ед.;
- зерновой состав песка и щебня;
- активность цемента $R_{\text{ц}}$, МПа.

При применении бездобавочного портландцемента допускается принимать $\rho_{\text{ц}} = 3100$ кг/м³, а для портландцемента с минеральными добавками и других разновидностей портландцемента – по данным Документа о качестве на партию цемента. Активность цемента допускается принимать по данным Документа о качестве на партию цемента.

1.2. По данным о зерновом составе песка и щебня определяют средний размер зерен наибольшей фракции песка и щебня $d_{\text{п}}$ и $d_{\text{щ}}$ соответственно, м. Определяют средний размер частиц наибольшей фракции цемента $d_{\text{ц}}$, м.

1.3. Определяют оптимальные значения коэффициентов рассеиву зерен щебня $\alpha_{\text{опт}}$ и песка $\mu_{\text{опт}}$, по формулам:

$$\alpha_{\text{опт}} = 2,1 \times (1 + d_{\text{п}} / d_{\text{щ}})^3 - 1,1 \quad (1)$$

$$\mu_{\text{опт}} = 2,1 \times (1 + d_{\text{ц}} / d_{\text{п}})^3 - 1,1 \quad (2)$$

2. Определение состава раствора максимальной прочности, водонепроницаемости и морозостойкости

2.1. Определяют расход песка на 1 м³ раствора по формуле:

$$\Pi = 1 / ((\mu_{\text{опт}} / \rho_{\text{п}}) \times V_{\text{п}} + 1 / \rho_{\text{п}}) , \text{ кг} \quad (3)$$

2.2. Определяют оптимальное значение водоцементного соотношения В/Ц с учетом водопотребности песка и обеспечения расчетного значения $(\text{В/Ц})_{\text{ист.}} = 0,25$.

2.3. Определяют расход цемента на 1 м³ раствора по формуле:

$$\text{Ц} = (1 - \Pi / \rho_{\text{п}}) / (1 / \rho_{\text{ц}} + 1 / \rho_{\text{в}} \times \text{В/Ц}) , \text{ кг} \quad (4)$$

где $\rho_{\text{в}}$ - плотность воды, 1000 кг/м³.

2.4. Определяют расход воды на 1 м³ раствора по формуле:

$$\text{В} = \text{Ц} \times \text{В/Ц} , \text{ кг} \quad (5)$$

2.5. Опытным путем определяют расход добавки – суперпластификатора с учетом требуемой удобоукладываемости растворной смеси.

3. Определение состава бетона

3.1. Определение состава бетона максимальной прочности, водонепроницаемости и морозостойкости

3.1.1. Определяют расход щебня и песка на 1 м³ бетона по формулам, соответственно:

$$\text{Щ} = 1 / ((\alpha_{\text{опт}} / \rho^{\text{н}}_{\text{щ}}) \times V_{\text{щ}} + 1/\rho_{\text{щ}}), \text{ кг} \quad (6)$$

$$\text{П} = (1 - \text{Щ} / \rho_{\text{щ}}) / ((\mu_{\text{опт}} / \rho^{\text{н}}_{\text{п}}) \times V_{\text{п}} + 1/\rho_{\text{п}}), \text{ кг} \quad (7)$$

3.1.2. Определяют оптимальное значение водоцементного соотношения В/Ц с учетом потребности песка и щебня и обеспечения расчетного значения $(\text{В/Ц})_{\text{ист.}} = 0,25$.

3.1.3. Определяют расход цемента на 1 м³ бетона по формуле:

$$\text{Ц} = (1 - \text{Щ} / \rho_{\text{щ}} - \text{П} / \rho_{\text{п}}) / (1/\rho_{\text{ц}} + (1/\rho_{\text{в}}) \times \text{В/Ц}), \text{ кг} \quad (8)$$

3.1.4. Определяют расход воды на 1 м³ бетона по (5).

3.1.5. Опытным путем определяют расход добавки – суперпластификатора с учетом требуемой удобоукладываемости бетонной смеси.

3.2. Определение состава бетона заданной прочности

3.2.1. Определяют расход щебня и песка на 1 м³ бетона по (6) и (7), соответственно.

3.2.2. Определяют водоцементное соотношение с учетом требуемой прочности бетона при сжатии на 28 суток твердения R_b , МПа, по формулам:

$$\text{В/Ц} = A R_{\text{ц}} / (R_b + 0,5 \times A R_{\text{ц}}) \text{ при } \text{В/Ц} \geq 0,4 \quad (9)$$

$$\text{В/Ц} = A_1 R_{\text{ц}} / (R_b - 0,5 \times A R_{\text{ц}}) \text{ при } \text{В/Ц} < 0,4 \quad (10)$$

где A и A_1 - эмпирические коэффициенты качества заполнителя.

3.2.3. Определяют расход цемента на 1 м³ бетона по (8).

3.2.4. Определяют расход воды на 1 м³ бетона по (5).

3.2.5. Опытным путем определяют расход добавки-суперпластификатора с учетом требуемой удобоукладываемости бетонной смеси.

4. Корректировка состава бетона и раствора.

Корректировку состава бетона и раствора производят опытным путем в соответствии с существующими правилами подбора состава.