

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

II издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 5-7 мая 2025 г. и 16-17 сентября 2025 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

P773/5

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 5-7 ноября 2025 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 7 ноября 2025 года.

Примечание: Теряет силу I издание Памятки от 08.10.1999.

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВА РАСТВОРА И БЕТОНА
ДЛЯ ОБВОДНЕННЫХ ТОННЕЛЕЙ**

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 обделок⁵, 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 – $\rho_{ц}$, $\rho_{п}$ и $\rho_{ш}$ соответственно, кг/м³;
- объёмно (насыпной) вес песка и щебня – $\rho^{н}_{п}$ и $\rho^{н}_{ш}$, соответственно, кг/м³;
- пустотность песка и щебня – $V_{п}$ и $V_{ш}$, соответственно, отн.ед.;
- зерновой состав песка и щебня;
- активность цемента $R_{ц}$, МПа.

При применении бездобавочного портландцемента допускается принимать $\rho_{ц} = 3100$ 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 $d_{п}$ и $d_{ц}$ соответственно, м. Определяют средний размер частиц наибольшей фракции цемента $d_{ц}$, м.

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

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

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

2. Определение состава раствора максимальной прочности, водонепроницаемости и морозостойкости

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

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

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

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

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

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

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

$$B = \Pi \times B / \Pi , \text{ кг} \quad (5)$$

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:

$$\text{Ш} = 1 / ((\alpha_{\text{опт}} / \rho_{\text{щ}}) \times V_{\text{щ}} + 1 / \rho_{\text{щ}}), \text{ кг} \quad (6)$$

$$\Pi = (1 - \text{Ш} / \rho_{\text{щ}}) / ((\mu_{\text{опт}} / \rho_{\text{п}}) \times V_{\text{п}} + 1 / \rho_{\text{п}}), \text{ кг} \quad (7)$$

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

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

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

3.1.4. Определяют расход воды па 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 па I м³ бетона по (6) п (7), соответственно.

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

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

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

где А и А₁ - эмпирические коэффициенты качества заполнителя.

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

3.2.4. Определяют расход воды па 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.