

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ**

Суть трехмерной технологии заключается в формировании изделия путем выдавливания малоподвижной пластичной бетонной смеси через формообразующий элемент. При этом бетонная смесь должна быть достаточно подвижной, чтобы принимать необходимую форму, и в тоже время она должна обладать достаточной пластической прочностью, чтобы сопротивляться действию собственного веса и сохранять свою форму неизменной.

Основные составляющие бетонной смеси для трехмерной печати: вяжущее, заполнитель, вода затворения.

Расчет состава бетона для 3D-печати сводятся к решению системы уравнений, которые связывают между собой расходы компонентов и их свойства с заданными характеристиками бетонной смеси и бетона:

$$R_B = R_{Ц} \cdot A \cdot \left( \frac{Ц}{В} \pm 0,3 \right), \quad \frac{В}{\rho_B} + \frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{П}{\rho_{П}} = 1,$$

$$\varepsilon_{np} = 11,7 \cdot \left( \left( \frac{В}{Ц} - \frac{П \cdot V_{П}}{Ц} \right) \cdot 100 - НГ \right) + 0,032 \cdot \left( \left( 1 - \frac{В}{\rho_{П}} \right) \cdot 100 - 37 \right)^3 + 137,$$

где  $R_B$  – заданная прочность бетона, МПа;  $R_{Ц}$  – активность цемента, МПа;  $A$  – коэффициент, учитывающий качество заполнителей;  $Ц$ ,  $В$ ,  $П$  – расход цемента воды, песка на 1 м<sup>3</sup> бетона, кг;  $\rho_B$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{Ц}$ ,  $\rho_{П}$ ,  $\rho_B$  – плотность зерен цемента, песка, кг/м<sup>3</sup>;  $V_{П}$  – водопотребность песка, НГ – нормальная густота, %.

В результате решения системы уравнений получили теоретически оптимальное соотношение компонентов бетонной смеси. В лаборатории проверили полученный состав на соответствие основным параметрам. Рассчитанная бетонная смесь слишком рыхлая и рассыпчатая, что говорит о недостаточности воды затворения. Увеличение соотношения  $В / Ц$  с 0,51 до 0,55 позволяет получить смесь однородной консистенции, которая обладает хорошей формуемостью, и позволяет сформировать ровные слои, выдерживающие нагрузку от вышележащего слоя.

Динамическая вязкость составляет 738,7 мПа·с, при этом начало схватывания составляет 47 мин, а конец схватывания 72 мин.