

**Самуйлов Юрий Дмитриевич**, магистр техн. наук, исследователь, младший научный сотрудник, НИИЛ БиСМ, Белорусский национальный технический университет (г. Минск, Беларусь)

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ГАЗОБЕТОННОЙ СМЕСИ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ НЕАВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО ГАЗОБЕТОНА НА МИКРОЗАПОЛНИТЕЛЕ ИЗ ДИСПЕРГИРОВАННОГО ГРАНИТНОГО ОТСЕВА**

© РУП «Институт БелНИИС», 2019  
Institute BelNIIS RUE, 2019

### **АННОТАЦИЯ**

*В статье приведены результаты исследований в виде методики определения состава смеси для изготовления ячеистого газобетона неавтоклавно твердения на цементном вяжущем и микрозаполнителе из диспергированного гранитного отсева с заданной проектной прочностью. Представлены сведения о компонентах проектируемой газобетонной смеси, включая: вяжущее, микрозаполнитель, газообразующие добавки и ПАВ. Указана технология приготовления образцов. Разработанная методика обеспечивает учет таких факторов, как: проектируемая плотность ячеистого бетона, соотношение требуемого количества микрозаполнителя и цемента, соотношение расхода воды и суммарного содержания твердых компонентов смеси, проектируемая влажность ячеистого бетона. Данная методика является дополнением к методике определения состава газобетонной смеси требуемой плотности неавтоклавно ячеистого газобетона на микрозаполнителе из диспергированного гранитного отсева [1]. Она позволяет с достаточной точностью подбирать набор основных параметров, влияющих на прочностные характеристики ячеистого бетона, благодаря чему достигается проектируемая прочность этого строительного материала. В представленной методике продемонстрированы графические*

*зависимости прочности неавтоклавного ячеистого газобетона на микрозаполнителе из диспергированного гранитного отсева от основных влияющих на нее параметров. На основании полученных зависимостей были изготовлены и испытаны эталонные образцы ячеистого бетона. Данные образцы были выполнены из смеси, параметры которой соответствовали максимальным прочностным показателям. Результаты испытаний эталонных образцов легли в формулу, которая связывает проектируемую прочность ячеистого бетона и влияющие на нее факторы. Аналитическая работа с этой формулой в сочетании с методикой [1] позволяет: получить ячеистый бетон заданной прочности; сэкономить вяжущее без снижения его прочностных характеристик; расширить диапазон ассортимента неавтоклавных ячеистых газобетонов по прочностным характеристикам; обеспечить необходимую подвижность смеси, сохранив проектную прочность готового ячеистого бетона. В статье приведены данные о результатах апробации разработанной методики, подтверждающие ее эффективность.*

**Ключевые слова:** газобетон неавтоклавного твердения, микрозаполнитель, молотый гранитный отсев, определение состава, газобетонная смесь, проектная прочность ячеистого бетона.

**Для цитирования:** Самуйлов, Ю. Д. Методика определения состава газобетонной смеси требуемой прочности неавтоклавного ячеистого газобетона на микрозаполнителе из диспергированного гранитного отсева / Ю. Д. Самуйлов // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС; редкол.: О. Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 11. – С. 234–252. <https://doi.org/10.35579/2076-6033-2019-11-15>

**Yuri Samuilov**, Master in Engineering Science, Junior Researcher, SRTL C&BM, Belarusian National Technical University (Minsk, Belarus)

# **THE METHOD OF DETERMINING THE COMPOSITION OF THE CONCRETE MIXTURE TO THE REQUIRED STRENGTH OF NON-AUTOCLAVED AERATED CONCRETE ON MICRO FILLER OF DISPERSED GRANITE DROPOUT**

## **ABSTRACT**

*The article presents the results of research in the form of methods for determining the composition of the mixture for the manufacture of aerated cellular concrete non-autoclaved hardening on cement binder and microfill from dispersed granite screenings with a given design strength. Information is given about the components of the designed aerated concrete mixture, including: astringent, micro-filler, gas-forming additives and surfactants. The technology of preparation of samples is shown. The developed method takes into account such factors as: the projected density of cellular concrete, the ratio of the required amount of micro-filler and cement, the ratio of water consumption and the total content of solid components of the mixture, the projected moisture content of cellular concrete. This technique is an addition to the method of determining the composition of the aerated concrete mixture of the required density of non-autoclaved aerated concrete on a microfiller from dispersed granite screenings [1]. It allows to select with sufficient accuracy a set of the main parameters influencing strength characteristics of cellular concrete thanks to what the projected durability of this construction material is reached. In the presented method, the graphical dependences of the strength of non-autoclaved aerated cellular concrete on a microfill from dispersed granite screenings on the main parameters affecting it are demonstrated. On the basis of the received dependences reference samples of cellular concrete were made and tested. These samples were made from a mixture whose parameters corresponded to the maximum strength parameters. The test results of the reference samples formed a formula that binds the projected strength of cellular concrete and the factors affecting it. Analytical work with this formula, in combination with the method [1], allows: to obtain cellular concrete of a given strength; to save astringent, without reducing its strength characteristics; to expand the range of non-autoclaved cellular aerated*

*concrete by strength characteristics; to provide the necessary mobility of the mixture, while maintaining the design strength of the finished cellular concrete. The article presents data on the results of testing the developed technique, confirming its effectiveness.*

**Keywords:** aerated concrete of non-autoclave hardening, micro-filler, ground granite screenings, the composition, aerated concrete mix, design strength of cellular concrete.

**For citation:** Samuilov Y. The method of determining the composition of the concrete mixture to the required strength of non-autoclaved aerated concrete on micro filler of dispersed granite dropout. *Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete: Collected Research Papers*. Minsk. Institute BelNIIS. Vol. 11. 2019. pp. 234–252. <https://doi.org/10.35579/2076-6033-2019-11-15> (in Russian)

## **ВВЕДЕНИЕ**

В связи с широким распространением в Республике Беларусь практики применения ячеистого бетона в строительстве была поставлена задача: оптимизировать технологию производства данного материала.

С развитием строительных технологий возрастает необходимость появления возможности проведения качественных газобетонных работ без применения автоклавной обработки. Монолитное строительство и использование строительных 3D-принтеров предполагают наличие неавтоклавных газобетонных смесей. Технология приготовления таких смесей должна быть гибкой, чтобы обеспечить возможность эксплуатации продукции в самых разнообразных условиях. Основные параметры газобетонных смесей, гибкость которых востребована в современных строительных технологиях, – это: экономичность, текучесть, вспучиваемость, время до начала вспучивания, время вспучивания, динамика набора прочности и прочностной потенциал. Экономичность позволяет получать газобетонную смесь с оптимальной себестоимостью. Текучесть обеспечивает транспортабельность смеси по бетоноводу и влияет на ее вспучиваемость.

Вспучиваемостью мы регулируем будущую плотность ячеистого бетона. Время до начала вспучивания дает нам возможность перекачать смесь в формы или опалубку. Время вспучивания сокращает сроки ожидания формирования ячеистой структуры массива. Динамика набора прочности позволяет оценить временной интервал между заливкой предыдущего и последующего слоев, а прочностной потенциал позволяет нам регулировать будущую прочность ячеистого бетона. Как известно, все эти параметры зависят от состава газобетонной смеси, именно поэтому существует необходимость разработки качественных методик его определения. Данная статья описывает методику определения состава газобетонной смеси требуемой прочности неавтоклавно ячеистого газобетона на микрозаполнителе из диспергированного гранитного отсева, которая учитывает ряд факторов, влияющих на все основные параметры газобетонной смеси, гибкость которых востребована в современных строительных технологиях. Таким образом, совместно с методикой [1] приведенная работа дает возможность получить не только заданные прочностные и плотностные параметры неавтоклавно ячеистого бетона, но и в некотором диапазоне влиять на важные технологические параметры газобетонной смеси.

Одной из основных особенностей данной методики является использование в качестве микрозаполнителя молотого или фракционированного гранитного отсева, производимого РУПП «Гранит» и обрабатываемого ОАО «НПК Гранит» (Республика Беларусь, Брестская обл., Лунинецкий район, г. Микашевичи).

Анализ существующих источников, рассматривающих тему способов определения состава ячеистого бетона, показывает следующее: в источниках [2–4] отсутствует методика определения состава смеси для приготовления ячеистого бетона с заданной прочностью. Источник [3] приводит методику проектирования неавтоклавно пенобетона, которая описывает принципиально иной способ формирования ячеистой структуры бетона по сравнению с методикой, описанной в данной статье. Источник [4] приводит методику проектирования автоклавно газобетона, который не способен твердеть в естественных условиях. Ни один

из источников [2–4] не использует в качестве микрозаполнителя для ячеистобетонной смеси молотый гранитный отсев.

Цель исследования, описанного в данной работе, – это разработка методики расчета состава газобетонной смеси (по проектной прочности) для приготовления неавтоклавного ячеистого газобетона (по [5]) на цементном вяжущем и микрозаполнителе из диспергированного гранитного отсева, которая обеспечивает достоверный результат в диапазоне прочностей от 0,5 до 10 МПа (в зависимости от плотности ячеистого бетона, диапазон которой может варьироваться от 300 до 900 кг/м<sup>3</sup>). Данная методика должна обеспечить получение газобетонных смесей, которые могут быть использованы при монолитном бетонировании, а также в производстве сборных изделий.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЯЧЕИСТОБЕТОННОЙ СМЕСИ**

*Вяжущее.* В качестве вяжущего использовался портландцемент «СЕМ 1 42,5N» (производства ОАО «Белорусский цементный завод», [6]) по СТБ – ЕН 197-1-2007 (соответствует М500-Д0 по ГОСТ 10178-85, 2-ой группы эффективности).

*Микрозаполнитель.* В качестве инертного микрозаполнителя использовался отсев фракционированный из материалов дробления горных пород 0-0,63 по ТУ ВУ 200161167.004 – 2013, производства РУПП Гранит, Микашевичи, с удельной поверхностью 4600 см<sup>2</sup>/г.

*Компоненты для реакции газообразования.* В качестве газообразователя применялась водная суспензия алюминиевой пудры, изготовленная из алюминиевой пудры ПАП-1, отвечающей требованиям ГОСТ 5494-95.

В качестве вспомогательного компонента для реакции газообразования применялась известь строительная воздушная кальциевая негашеная комовая быстрогасящаяся 2 сорта (производства ОАО «Белорусский цементный завод») по ГОСТ 9179-77.

*Химическая добавка ПАВ.* В качестве химической добавки ПАВ использовалась жидкая (Сраствора=30 %) добавка-пластификатор «Стахемент 2000-М» (добавка-суперпластификатор I группы с

повышенным водоредуцирующим эффектом на основе поликарбонатных смол, по ТУ ВУ 800013176.004-2011).

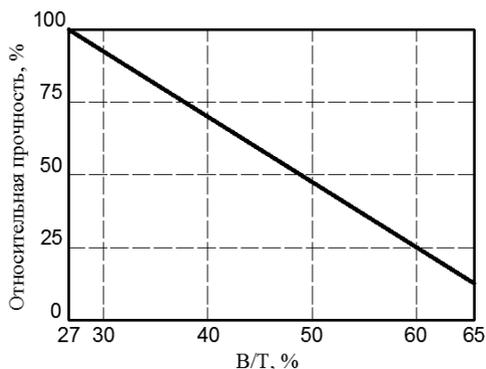
## МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВА ГАЗОБЕТОННОЙ СМЕСИ С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Все эмпирические коэффициенты, приведенные далее, не являются универсальными и справедливы только для указанных в статье материалов. При выборе других материалов коэффициенты необходимо уточнять лабораторно.

Зависимость прочности неавтоклавного ячеистого газобетона от основных влияющих факторов можно описать следующей формулой (1):

$$R_b = R_{\text{эт}} \cdot k_{\text{В/Т}} \cdot k_{\text{МЗ/Ц}} \cdot k_{\rho} \cdot k_{\text{вр}} \text{ МПа} \quad (1)$$

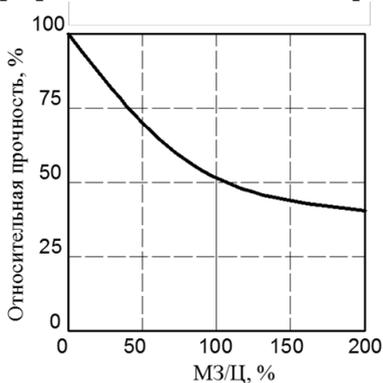
где  $R_{\text{эт}}$  – прочность эталонного образца (за эталон принят образец ячеистого бетона плотностью  $900 \text{ кг/м}^3$ , влажностью по массе 10 %, твердевший по описанному ниже режиму ТВО, изготовленный из смеси со следующими параметрами: МЗ/Ц (соотношение расходов микрозаполнителя и цемента) = 0, В/Т (водотвердое отношение) = 27 %), 10,32 МПа;  $k_{\text{В/Т}}$  – коэффициент, зависящий от В/Т, определяется с помощью графической зависимости (рис. 1) и формулы (2):



**Рисунок 1.** График зависимости относительной прочности [7] газобетона от В/Т

$$k_{B/T} = \frac{R_{отн.}}{100}, \quad (2)$$

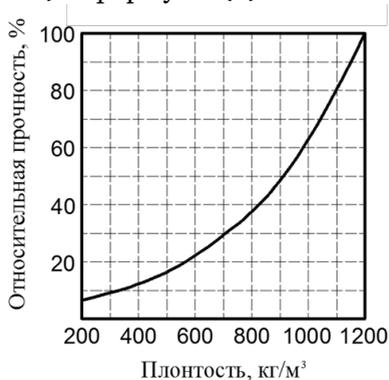
где  $R_{отн.}$  – относительная прочность по графической зависимости (рис. 1), %;  $k_{M3/C}$  – коэффициент, зависящий от МЗ/Ц, определяется с помощью графической зависимости (рис. 2) и формулы (3):



**Рисунок 2.** График зависимости относительной прочности газобетона от МЗ/Ц

$$k_{M3/C} = \frac{R_{отн.}}{100}, \quad (3)$$

где  $R_{отн.}$  – относительная прочность по графической зависимости (рис. 2), %;  $k_p$  – коэффициент, зависящий от плотности проектируемого газобетона, определяется с помощью графической зависимости (рис. 3) и формулы (4):

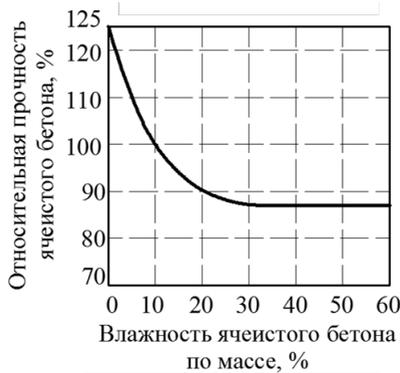


**Рисунок 3.** График зависимости относительной прочности газобетона от его плотности [8]

$$k_{\rho} = \frac{R_{отн.}}{100}, \quad (4)$$

где  $R_{отн.}$  – относительная прочность по графической зависимости (рис. 3), %;

$k_W$  – коэффициент, зависящий от влажности газобетона, определяется с помощью графической зависимости (рис. 4) и формулы (5):



**Рисунок 4.** График зависимости относительной прочности газобетона от его влажности [9]

$$k_W = \frac{R_{отн.}}{100}, \quad (5)$$

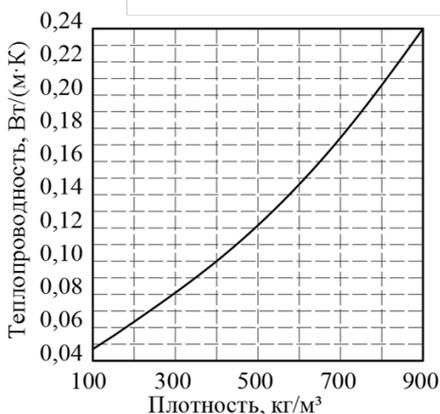
где  $R_{отн.}$  – относительная прочность по графической зависимости (рис. 4), %.

Для определения характеристик ячеистого бетона при составлении графических зависимостей использовались следующие методики:

- определение прочности ячеистого бетона по ГОСТ 10180-2012;
- определение влажности ячеистого бетона по ГОСТ 12730.2-78;
- определение плотности ячеистого бетона по ГОСТ 12730.1-78.

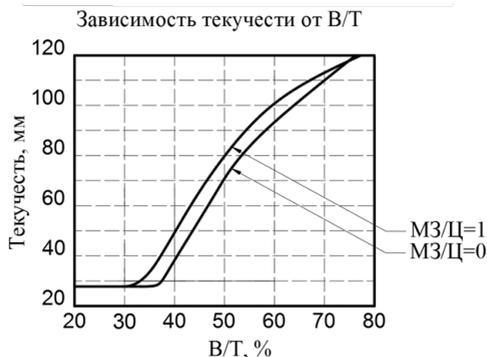
Так как главными эксплуатационными характеристиками ячеистых бетонов являются прочность и теплопроводность, исходя из этого строятся дальнейшие вычисления.

1. С учетом необходимой теплопроводности газобетона задаемся проектной плотностью  $\rho_6$  (рис. 5).

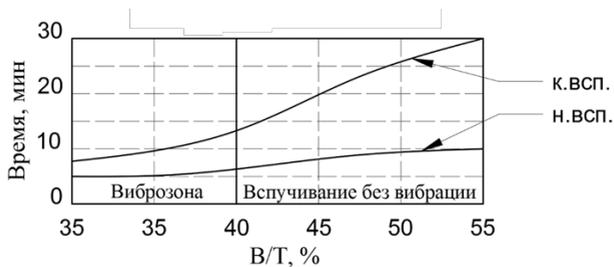


**Рисунок 5.** График зависимости теплопроводности [10] газобетона от его плотности

2. С учетом необходимой текучести смеси (рис. 6), методика определения которой описана ниже, и требований по срокам до начала и конца вспучивания газобетонной смеси (рис. 7) задаем-ся водотвердым отношением В/Т.



**Рисунок 6.** График зависимости текучести газобетонной смеси от В/Т



**Рисунок 7.** График зависимости начала и конца вспучивания от В/Т для смесей с МЗ/Ц=1

3. Принимаем значение отпускной влажности  $W$ .
4. По формуле (1) с учетом графических зависимостей (рис. 1–4) и формул (2–5) вычисляем МЗ/Ц (табл. 1), требуемое для получения проектной прочности газобетона.

Таблица 1

**Пример вычисления параметров газобетонной смеси по формуле (1)**

№п/п	Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
1	Теплопроводность газобетона	Вт/(м•К)	0,10
2	Плотность газобетона	кг/м <sup>3</sup>	400
3	В/Т	%	35
4	W	%	10
5	Прочность	МПа	1,5
6	МЗ/Ц	%	55

5. Далее определяем расход компонентов на 1 м<sup>3</sup> смеси по зависимостям, полученным в предыдущей методике [9]:
  - определяем расход цемента по формуле (6):

$$Ц = \frac{\rho_6}{(1,15 + (МЗ/Ц))} \text{ кг}; \quad (6)$$

- определяем расход микрозаполнителя по формуле (7):

$$MЗ = Ц \cdot (MЗ/Ц), \text{ кг}; \quad (7)$$

– определяем суммарный расход твердых компонентов по формуле (8):

$$T = Ц + MЗ, \text{ кг}; \quad (8)$$

– определяем расход воды по формуле (9):

$$B = T \cdot (B/T), \text{ кг}; \quad (9)$$

– определяем количество добавки-пластификатора для приготовления газообразующей суспензии по формуле (10):

$$Д = \Gamma \cdot 0,167, \text{ кг}; \quad (10)$$

– определяем расход газообразователя ПАП (пудра алюминиевая) по формуле (11):

$$\Gamma = \frac{1 - \frac{MЗ}{\rho_{MЗ \text{ ист.}}} + \frac{Ц}{\rho_{Ц \text{ ист.}}} + \frac{B}{\rho_B}}{0,25 \cdot k_{\text{всп.}}} \text{ кг}, \quad (11)$$

где  $\rho_{MЗ \text{ ист.}}$  – истинная плотность микрозаполнителя ( $2670 \text{ кг/м}^3$ ),  $\rho_{Ц \text{ ист.}}$  – истинная плотность цемента ( $3100 \text{ кг/м}^3$ ),  $\rho_B$  – плотность воды ( $1000 \text{ кг/м}^3$ ),  $k_{\text{всп.}}$  – коэффициент вспучивания (2,7);

– определяем расход негашеной извести по формуле (12):

$$И = \frac{\Gamma \cdot A_{\Gamma}}{(54 \cdot A_{И})} \cdot 168,3 - \frac{Ц \cdot \omega_{CaO}}{A_{И}}, \text{ кг} \quad (12)$$

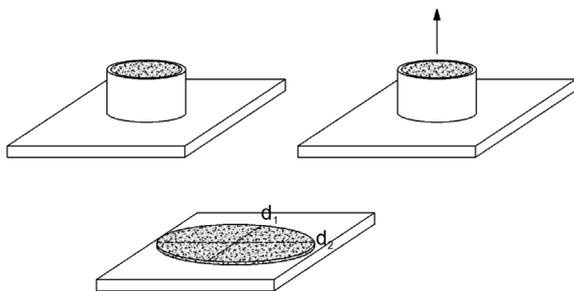
где  $A_{\Gamma}$  – активность газообразователя (ПАП) (0,95 д. ед.),  $A_{И}$  – активность негашеной извести (0,8 д. ед.),  $\omega_{CaO}$  – массовая доля свободной CaO в цементе (0,0081 д. ед.);

– определяем расход дополнительной воды для гашения извести по формуле (13):

$$V_{\text{г.и.}} = \frac{И \cdot A_{\text{и}}}{56,1} \quad (13)$$

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЧЕСТИ ГАЗОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Сущность методики заключается в определении диаметра расплыва залитой в металлическое кольцо газобетонной смеси после резкого подъема кольца со стеклянной пластины.



**Рисунок 8.** Определение текучести газобетонной смеси

Испытание проводится в следующем порядке:

1. на стеклянную пластину устанавливается стальное кольцо с диаметром основания и высотой внутренней полости 28 и 26 мм соответственно;
2. производится замес газобетонной смеси, и в течение 5...10 с. после замеса осуществляется заливка смеси в стальное кольцо, излишки смеси снимаются с верхней части кольца стальной линейкой;
3. в течение 5 с. после заливки смеси стальное кольцо резко поднимается строго вверх со стеклянной пластины;
4. после завершения расплыва смеси по стеклянной пластине штангенциркулем измеряется диаметр расплыва в двух взаимоперпендикулярных направлениях с точностью до 0,1 мм;

5. подвижность смеси определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ мм}; \quad (14)$$

6. для сопоставления полученных результатов с методикой по ГОСТ 23789-79 [11] можно воспользоваться графической зависимостью (рис. 9):

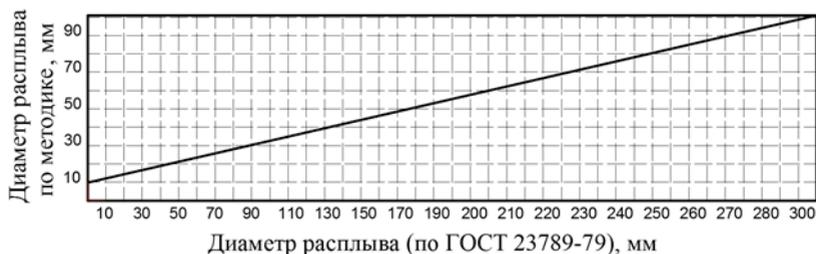


Рисунок 9. Сопоставление результатов

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА СОСТАВА ГАЗОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Образцы неавтоклавного газобетона изготавливают в лабораторных условиях по технологии, которая включает в себя следующие стадии:

- приготовление газобетонной смеси;
- заливка в форму и вспучивание (вибровспучивание: частота – 50 Гц; амплитуда – 272,5 мкм) газобетонной смеси;
- выдержка вспученных образцов в течение 48 ч., до набора распалубочной прочности;
- срезка горбушки и распалубка образцов газобетона;
- тепловлажностная обработка (ТВО) образцов газобетона;
- сушка образцов газобетона до постоянной массы.

Процесс приготовления газобетонной смеси включает в себя следующие операции:

- дозирование и гомогенизация компонентов для приготовления алюминиевой суспензии в отдельной емкости (вода + ПАВ + газообразователь);
- дозирование и перемешивание воды, цемента, растертой комовой извести и алюминиевой суспензии в основной емкости для перемешивания газобетонной смеси;
- добавка в основную емкость для перемешивания микрозаполнителя из диспергированного гранитного отсева и окончательное перемешивание всех компонентов газобетонной смеси.

Процесс вспучивания интенсифицируют с помощью воздействия на форму вибрированием на виброплощадке.

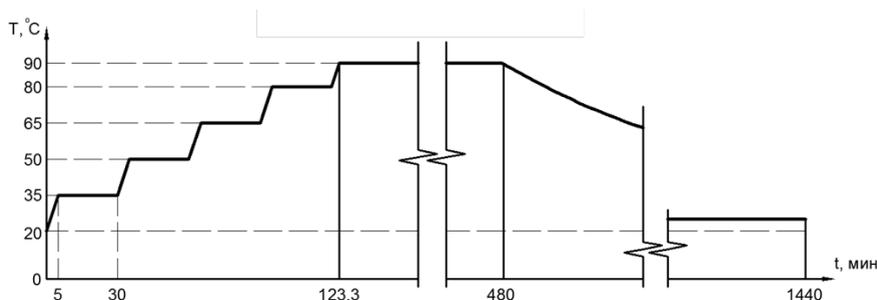
Формы с газобетонными образцами в течение 48-часовой выдержки укрывают полиэтиленовой пленкой во избежание потери образцами влаги.

Срезку горбушки осуществляют с помощью возвратно-поступательного движения металлической проволоки по аналогии с производственными приемами.

Тепловую обработку образцов газобетона производят в течение 48 ч. (два цикла) по следующему режиму (рис. 10) в сушильном шкафу (допускается производить в тепловой камере).

Во избежание потерь влаги перед началом тепловой обработки извлеченные из форм образцы газобетона смачивают и укрывают полиэтиленовой пленкой.

Сушку образцов газобетона производят до постоянной массы.



**Рисунок 10.** График тепловлажностной обработки

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СОСТАВОВ ГАЗОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В качестве примера приведены результаты расчета составов газобетонных смесей и фактически полученные плотности и прочности ячеистого бетона, которые были запроектированы для получения газобетона со средней плотностью сухого материала: 400, 600 и 800 кг/м<sup>3</sup>. Составы контрольных смесей приведены в таблице 2, фактические показатели газобетона – в таблице 3.

Таблица 2

### Составы контрольных газобетонных смесей (на 1 м<sup>3</sup> газобетона)

Расчетная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Расчетная прочность, МПа	Показатель	Единица измерения	Значение показателя
1	2	3	4	5
400	1,5	Расход цемента	кг	236,7
		Расход микрозаполнителя	кг	128,5
		Расход воды	кг	128,4
		Расход газообразователя	кг	1,11
		Расход добавки ПАВ	кг	0,18
		Расход извести	кг	1,69
600	3,0	Расход цемента	кг	365,9
		Расход микрозаполнителя	кг	182,9
		Расход воды	кг	175,6
		Расход газообразователя	кг	0,94
		Расход добавки ПАВ	кг	0,16
		Расход извести	кг	0
800	6,0	Расход цемента	кг	563,4
		Расход микрозаполнителя	кг	157,8
		Расход воды	кг	216,3
		Расход газообразователя	кг	0,80
		Расход добавки ПАВ	кг	0,13
		Расход извести	кг	0

**Сравнительный анализ расчетных и фактических плотностей  
и прочностей контрольных газобетонных смесей**

Расчетная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Фактическая плотность в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>						Отклонение показателя, %
	Частные значения					Среднее	
400	407	412	405	409	408	408	2,0
600	617	619	607	615	602	612	2,0
800	811	804	816	813	825	814	1,8
Примечание: определение плотности по ГОСТ 12730.1-78							
Расчетная прочность (W=10%), МПа	Фактическая прочность при 10 %-й влажности, МПа						Отклонение показателя, %
	Частные значения					Среднее	
1,50	1,44	1,45	1,43	1,45	1,47	1,45	3,3
3,00	2,83	2,82	2,77	2,79	2,78	2,80	6,7
6,00	5,61	5,58	5,70	5,70	5,52	5,62	6,3
Примечание: определение прочности по ГОСТ 10180-2012							

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана методика расчета состава газобетонной смеси (по проектной прочности) для приготовления неавтоклавного ячеистого газобетона на цементном вяжущем и микрозаполнителе из диспергированного гранитного отсева, которая обеспечивает достоверный результат в диапазоне прочностей материала от 0,5 до 10 МПа (для диапазона плотностей от 300 до 900 кг/м<sup>3</sup>).

2. Предложенная методика позволяет получать газобетонные смеси, которые могут быть использованы при монолитном бетонировании, а также в производстве сборных изделий.

3. Данная методика позволяет учитывать реологические особенности газобетонной смеси и контролировать расход вяжущего.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Самуйлов, Ю. Д. Методика определения состава газобетонной смеси требуемой плотности неавтоклавного ячеистого газобетона на микрозаполнителе из диспергированного гранитного отсева / Ю. Д. Самуйлов // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч.

- тр. / Ин-т БелНИИС; редкол.: О. Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 10. – С. 214-232.
2. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона : СН 277-80. – Введ. 07.02.80. – М. : ГУП ЦПП, 2001. – 47 с.
  3. Кудряков, А. И. Проектирование неавтоклавного пенобетона / А. И. Кудряков, Д. А. Киселев // Строительные материалы. – 2006. – № 8. – С. 8–9.
  4. Сажнев, Н. П. Производство ячеистобетонных изделий: теория и практика / И. П. Сажнев, В. Н. Гончарик, Г. С. Гарнашевич, Л. В. Соколовский. – Минск : Стринко, 1999. – 284 с.
  5. Бетоны ячеистые. Технические условия : СТБ 1570-2005. – Введ. 01.07.06. – Мн. : Минстройархитектуры, 2005. – 15 с.
  6. ОАО «Белорусский цементный завод» // Официальный сайт [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.belcement.by>. – Дата доступа: 18.09.2018.
  7. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам : ГОСТ 10180-2012. – Введ. 01.02.16. – М. : Стандартиформ, 2013. – 36 с.
  8. Бетоны. Методы определения плотности : ГОСТ 12730.1-78. – Введ. 01.01.80. – М. : Стандартиформ, 2007. – 5 с.
  9. Бетоны. Метод определения влажности : ГОСТ 12730.2-78. – Введ. 01.01.80. – М. : Стандартиформ, 2007. – 4 с.
  10. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности при стационарном тепловом режиме : СТБ 1618-2006. – Введ. 01.07.06. – Мн. : Минстройархитектуры, 2006. – 16 с.
  11. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний : ГОСТ 23789-79. – Введ. 01.07.80. – М. : Стандартиформ, 2007. – 16 с.

Статья поступила: 14.11.2019

## REFERENCES

1. Samuylov, Yu. D. *Metodika opredeleniya sostava gazobetonnoy smesi trebuemoy plotnosti neavtoklavного yacheistogo gazobetona na mikrozapolnitele iz dispergirovannogo granitnogo otseva* [The method of determining the composition of the concrete mixture to the required density of non-autoclaved aerated concrete on

- micro filler of dispersed granite dropout]. *Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete: Collected Research Papers*. Minsk. Institute BelNIIS. Vol. 10. 2018. pp. 214–232. (rus)
2. *Instruktsiya po izgotovleniyu izdeliy iz yacheistogo betona* [Instructions for the manufacture of cellular concrete products] : SN 277-80. Introduced: 07.02.1980. Moscow: GUP CPU, 2001. 47 p. (rus)
  3. Kudyakov A. I. *Stroitelnye materialy*. 2006. No. 8. pp. 8–9. (rus)
  4. Sazhnev N. P., Goncharik V. N., Garnashevich G. S., Sokolovskiy L. V. *Proizvodstvo yacheistobetonnyh izdeliy: teoriya i praktika* [Production of cellular concrete products: theory and practice]. Minsk: Strinko, 1999. 284 p. (rus)
  5. *Betony yacheistyye. Tekhnicheskiye usloviya* [Aerated concrete. Technical conditions]. STB 1570-2005. Introduced: 01.07.2006. Minsk: Minstroyarkhitektury, 2005. 15 p. (rus)
  6. JSC «Belarusian cement plant» // Official site [Electronic resource]. 2018. – Mode of access: <http://www.belcement.by>. – Date of access: 18.09.2018. (rus)
  7. *Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrolnym obraztsam* [Concretes. Methods for strength determination using reference specimens]: GOST 10180-2012. Introduced: 01.02.2016. Moscow: Standartinform, 2013. 36 p. (rus)
  8. *Betony. Metody opredeleniya plotnosti* [Concretes. Methods for determining the density]: GOST 12730.1-78. Introduced: 01.01.1980. Moscow: Standartinform, 2007. 5 p. (rus)
  9. *Betony. Metod opredeleniya vlazhnosti* [Concretes. The method for determining the moisture]: GOST 12730.2-78. Introduced: 01.07.2006. Moscow: Standartinform, 2007. 4 p. (rus)
  10. *Materialy i izdeliya stroitelnyye. Metod opredeleniya teploprovodnosti pri statsionarnom teplovom rezhime* [The construction materials and products. Method for determination of thermal conductivity in stationary thermal regime]: STB 1618-2006. Introduced: 01.07.2006. Minsk: Minstroyarkhitektury, 2006. 16 p. (rus)
  11. *Vyazhushcheye gipsovoye. Metody ispytaniy* [Gypsum binders. Test methods]: GOST 23789-79. Introduced: 01.07.1980. Moscow: Standartinform, 2007. 16 p. (rus)

Received: 14.11.2019