
Исследование интенсивности газовыделения и реакционной способности алюминиевой пудры ПАП-1 при одновременном введении газообразователя с частично гидратированной газобетонной смесью в ячеистобетонную композицию

А.И. Шуйский, С.А. Стельмах, Е.М. Щербань,

А.К. Халюшев, М.Г. Холодняк, М.П. Нажуев

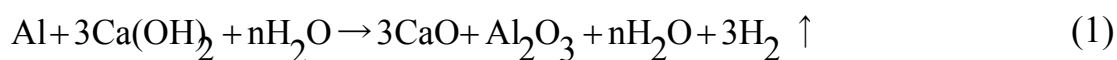
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Аннотация: В данной статье рассматривается влияние введения частично гидратированной газобетонной смеси на интенсивность газовыделения, реакционную способность дисперсного газообразователя и физико-механические свойства газобетона. Для проверки рабочей гипотезы были запроектированы и изготовлены два состава. В состав С№1 вводился чистый дисперсный газообразователь, а в состав С№2 вводилась смесь газообразователя с частично гидратированной газобетонной смесью. Сравнительный анализ результатов физико-механических испытаний образцов газобетона исследуемых составов показал, что ее введение повышают предел прочности при сжатии, одновременно уменьшая плотность газобетона. При этом в составе С№1 наблюдается более высокая плотность и падение прочности.

Ключевые слова: частично гидратированная смесь, газообразователь, алюминиевая пудра ПАП-1, реакционная способность, прибор ПГВ-2, кинетика газовыделения, средняя плотность в сухом состоянии, предел прочности при сжатии.

Введение. Ячеистый бетон – это искусственный пористый материал на основе минеральных вяжущих и кремнеземистого компонента, содержащий равномерно распределенные поры и капилляры. Пористость ячеистого бетона составляет до 85-90 % объема. В частности, газобетон – материал, полученный вспучиванием газом, выделившимся в результате реакции, представленной формулой (1).

При этом между металлическим алюминием и гидратом окиси кальция, выделяющимся при гидролизе минералов клинкера вяжущего, происходит химическая реакция с выделением молекулярного водорода [1,2,3].



Основная часть. Целью работы является – изучить влияние частично гидратированной смеси на реакционную способность алюминиевой пудры

ПАП-1. Лабораторный эксперимент проводился на приборе, регистрирующем газовыделение, – ПГВ-2. Общий вид прибора и его основные части представлены на рис. 1.

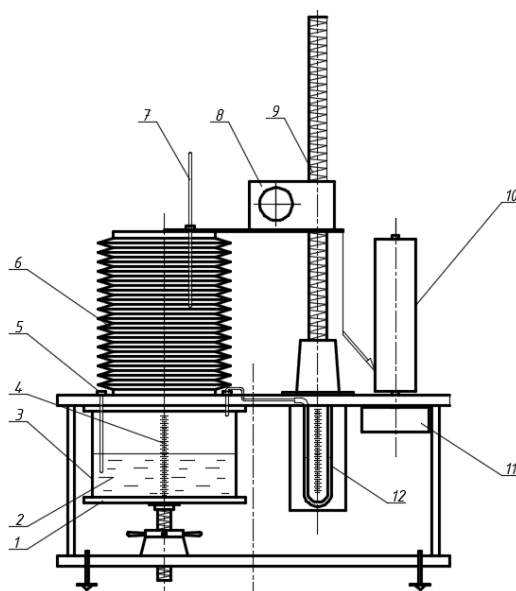


Рис. 1. – Схема прибора для измерения газовыделения газобетонной смеси ПГВ-2 (вид спереди): 1 – подъемный столик; 2 – газобетонная смесь; 3 – стеклянная реакционная емкость (объемом 3 л.); 4 – шкала; 5 – термометр; 6 – измерительная емкость; 7 – термометр; 8 – подъемная траверса; 9 – подъемная планка; 10 – цилиндр для крепления бумаги самописца; 11 – реверсивный двигатель; 12 – U-образный манометр для контролирования уровня выделяющегося газа.

Для определения параметров кинетики газовыделения необходимо стабилизировать условия опыта. В качестве газообразователя использовали наиболее широко применяемую добавку в технологии газобетона – пудру алюминиевую ПАП-1, которая соответствует требованиям ГОСТ 5494-95 «Пудра алюминиевая. Технические условия» [4,5]. Некоторые технические свойства пудры ПАП-1 приведены в таблице №1.

Таблица №1

Некоторые технические свойства алюминиевой пудры ПАП-1

Показатель	Значение
------------	----------

Кроющая способность на воде, см ² /г	≥7000
Остаток на сите №008, %	0,98
Содержание жировых добавок, %	≤3,6
Содержание влажности, %	≤0,2

В качестве реакционной среды используется известковое молоко с плотностью $1,05 \pm 1,2 \text{ г/см}^3$, температура реакционной среды и скорость перемешивания поддерживаются постоянными на заданном уровне.

Для определения параметров кинетики газовыделения в реакционную емкость (рис. 2) прибора ПГВ-2 заливается известковое молоко, которое автоматически нагревается до заданной температуры. Прибор герметизируется, а затем в реакционную емкость добавляется требуемое количество суспензии газообразователя и проводится регистрация температуры парагазовой среды $t_2[i]$ и изменение внутреннего объема прибора $Vn[i]$. После окончания реакции газовыделения рассчитываются значения объема выделившегося H_2 , приведенные к условиям $t=20^\circ\text{C}$, при атмосферном давлении $P_{атм}=101325 \text{ Па}$ [6,7]. Объем выделившегося водорода можно найти по известной формуле (2).

$$V^{H_2}[i] = \frac{293,15 \cdot P_0 \cdot \beta_2[i]}{101325} \left(\frac{V[i] - V_p}{273,15 + t_2[i]} - \frac{V[l] - V_p}{273,15 + t_2[l]} \right) \quad (2)$$

Кривая кинетики газовыделения часто имеет сигмоидный вид (рис. 3).

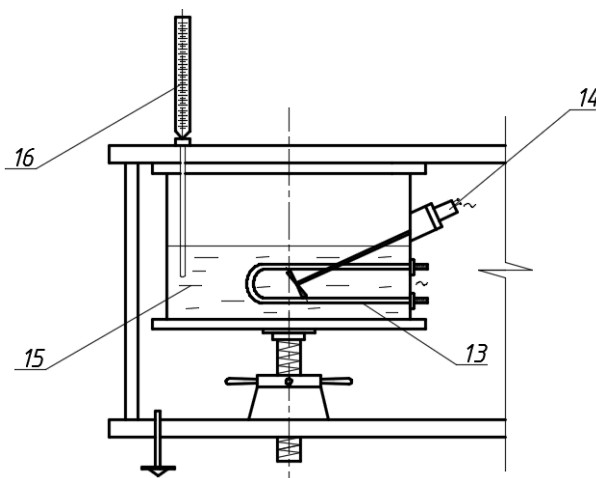


Рис. 2. – Схема прибора для измерения газовыделения газобетонной смеси ПГВ – 2 (вид сбоку): 13 – электронагревательный элемент; 14 – мешалка и устройство ввода суспензии газообразователя; 15 – пересыщенный раствор щелочи; 16 - термометр

В качестве частично гидратированной газобетонной смеси использовали отход ячеистобетонного производства – горбушку, срезаемую с массива блока. Этот слой образуется после окончания процесса вспучивания и набора требуемой пластической прочности структуры [8]. Он представляет собой частично гидратированную цементную систему, содержащую кристаллы гидратных новообразований, состоящих в основном из гидроалюминатов кальция [9].

При помощи прибора ПГВ-2 со специальной реакционной емкостью были получены колонки результатов таблицы №2, при математическом пересчете построен график (рис. 3).

Таблица №2

Результаты замеров реакционной способности алюминиевой пудры ПАП-1

Время, мин	Объем выделившегося газа	Объем выделившегося газа	Объем выделившегося газа	Объем выделившегося газа
0	0	0	0	0
0,25	0	20	0	0
0,5	10	40	10	10
0,75	40	60	70	60
1	60	100	160	180
1,25	80	120	240	230
1,5	85	135	280	260
1,75	85	140	300	270
2	85	140	320	280
2,25	85	140	340	285
2,5	85	140	350	290
2,75	85	140	350	300
3	85	140	350	300

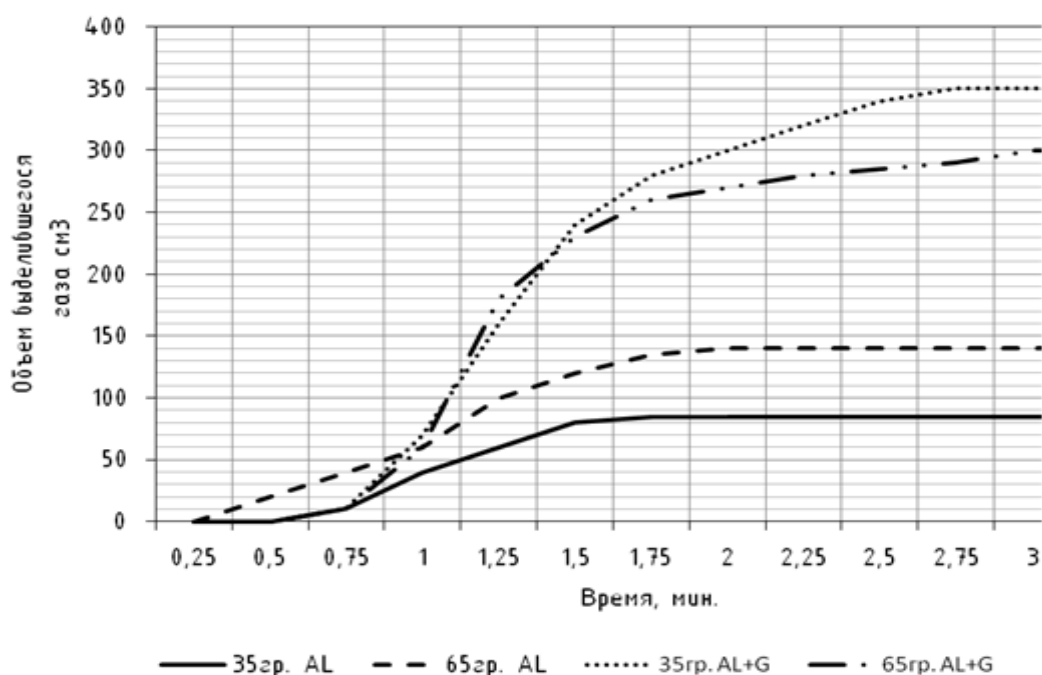


Рис. 3. – График реакционной способности алюминиевой пудры ПАП-1

Кинетика выделения газа замерялась при введении чистого дисперсного газообразователя и одновременном введении дисперсного газообразователя с частично гидратированной газобетонной смесью (G) в разной дозировке.

Выводы. Исходя из проведенных исследований и сличительных испытаний, авторы делают вывод, что наилучшие результаты по кинетике газовыделения показали лабораторные пробы, имеющие в своем составе смесь дисперсного газообразователя с частично гидратированной газобетонной смесью. Переноса результаты исследования на реальные производственные замесы, были получены физико-механические характеристики образцов бетона размером $10 \times 10 \times 10$, отобранных из массива.

Сравнительный анализ результатов производили по следующим основным показателям: средняя плотность в сухом состоянии и предел прочности при сжатии. Результаты физико-механических испытаний исследуемых составов сведены в таблицу №3.

В состав С№1 вводился чистый дисперсный газообразователь, а в состав С№2 вводилась смесь газообразователя с частично гидратированной газобетонной смесью [10].

Таблица №3

Результаты физико-механических испытаний образцов газобетона

Наименование показателя	Наименование состава	
	С№1	С№2
Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	634	603
Предел прочности при сжатии, МПа	1,7	2,4

Исходя из полученных данных физико-механические характеристики состава С№2 выглядят предпочтительнее состава С№1.

Литература

1. PFA Utilization, Central Electricity Generating Board, Gibbons, Wolverhampton, 1972. pp. 4-6.
2. Удачкин И.В., Гончаров Ю.В. Эффективные способы повышения водозащитных свойств ячеистого бетона. М.: Стройиздат. 1980. С. 22-26.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. С. Петербург: ООО «Строй-Бетон». 2006. 690 с.
4. Стельмах С.А., Щербань Е.М., Халюшев А.К., Холодняк М.Г., Нажуев М.П., Галкин Ю.В. Влияние технологических факторов на свойства неавтоклавного газобетона // Инженерный вестник Дона, 2017, № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/N2y2017/4125.
5. Баранов А.Т. Улучшение свойств ячеистого бетона // Бетон и железобетон. 1981. №8. С. 9-10.
6. Баженов Ю.М. Новому веку – новые бетоны // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2000. №2. С. 10-11.



7. Шуйский А.И. Оптимизация процессов структурообразования и повышения качества газобетонных изделий: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 1983. С. 98-100.

8. Nelson R.L., Ronald E., Barnett P.E. Autoclaved aerated concrete // Council for Masonry Research. 1997. №Vol. 9, No 1. pp. 1-4.

9. Шуйский А.И., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Халюшев А.К., Холодняк М.Г., Шаталов А.В. Влияние структурирующей добавки на физико-механические свойства неавтоклавного газобетона // Инженерный вестник Дона, 2017 №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4126.

10. Явруян Х.С., Холодняк М.Г., Шуйский А.И., Стельмах С.А., Щербань Е.М. Влияние некоторых рецептурно-технологических факторов на свойства неавтоклавного газобетона // Инженерный вестник Дона, 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3431.

References

1. PFA Utilization, Central Electricity Generating Board, Gibbons, Wolverhampton, 1972. pp. 4-6.

2. Udachkin I.V., Goncharov Yu.V. Effektivnye sposoby povysheniya vodozashchitnykh svoystv yacheistogo betona [Effective ways to improve waterproof properties of cellular concrete]. M.: Stroyizdat. 1980. pp. 22-26.

3. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. Osnovy betonovedeniya [Bases of concrete studies]. S. Peterburg: ООО «Stroy-Beton». 2006. 690 p.

4. Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Khalyushev A.K., Kholodnyak M.G., Nazhnev M.P., Galkin Yu.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/N2y2017/4125.

5. Baranov A.T. Beton i zhelezobeton. 1981. №8. pp. 9-10.

6. Bazhenov Ju.M. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2000. №2. pp. 10-11.



7. Shujskij A.I. Optimizacija processov strukturoobrazovanija i povyszenie kachestva gazobetonnyh izdelij [Optimization of the processes of structure formation and improvement of the quality of aerated concrete products]: dis. ... kand. teh. nauk: 05.23.05. Rostov-na-Donu, 1983. pp. 98-100.

8. Nelson R.L., Ronald E., Barnett P.E. Council for Masonry Research. 1997. №Vol. 9, No 1. pp. 1-4.

9. Shuyskiy A.I., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Khalyushev A.K., Kholodnyak M.G., Shatalov A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4126.

10. Yavruyan Kh.S., Kholodnyak M.G., Shuyskiy A.I., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3431.