

УДК 691-413

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО АНГИДРИТА

Федорчук Ю.М., Малинникова Т.П.

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,  
Томск, e-mail: bering@sibmail.com

Предложены и проведены исследования по получению строительных изделий на основе техногенного ангидрита в качестве вяжущего. В составы добавляли следующие добавки: базальтовое волокно, вспученный пенополистирол. Были исследованы образцы существующих популярных строительных отделочных листов ГКЛ (гипсокартонные листы) и ГВЛ (гипсоволокнистые листы) фирмы «Knauf», которые приняты за образец. Исследованы плотность и прочностные характеристики образцов. Установлен оптимальный состав техногенной шихты, соответствующий эталонным образцам из природных материалов. Определены прочность и плотность полученных изделий из оптимального состава шихты. Сделан вывод, что ангидритовое вяжущее, полученное из техногенного сырья, способно заменить гипсовое вяжущее в отделочных строительных изделиях ГКЛ и ГВЛ, что устранил загрязнение окружающей среды в местах накопления сульфат-кальциевых отходов и снизит себестоимость строительной продукции.

**Ключевые слова:** техногенный ангидрит, пенополистирол, строительные материалы, базальтовое волокно, листы «ПАНО»

## INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF THE BUILDING PRODUCTS ON THE BASE OF TECHNOGENIC ANHYDRITE

Fedorchuk Y.M., Malinnikova T.P.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk Polytechnic University,  
Tomsk, e-mail: bering@sibmail.com

In the article the research of manufacture of the building products on the base of technogenic anhydrite as a binder is proposed and conducted. The following components were added to the composition: basalt fibre, foamed expanded polystyrene. The samples of the existing popular building fit out sheets GKL (gypsum boards) and GVL (gypsum-fiber sheets) of the brand «Knauf» were investigated, which were taken by us as a sample. The density and the strength properties of the samples were examined. The optimal composition of the technogenic mixture corresponding to the prototype samples made of natural materials was specified. The strength and the density of the products made of optimal mixture makeup were determined. The conclusion was drawn that the anhydrite binder produced from the technogenic materials can replace the gypsum binder in the fit out building products GKL (gypsum boards) and GVL (gypsum-fiber sheets) so that the environmental pollution in the places of calcium sulphate waste accumulation will be eliminated and the costs of the building products will be lowered.

**Keywords:** technogenic anhydrite, basalt fibre, expanded polystyrene, building materials, sheets «PANО»

В настоящее время при постоянном увеличении стоимости строительных материалов и изделий особую актуальность приобретают энергосберегающие технологии и строительная продукция с повышенными эксплуатационными качествами.

Одним из направлений успешного решения проблемы производства строительных материалов является использование возможностей собственной сырьевой базы. Экономически эффективное решение возможно при использовании техногенного сырья, в частности, ангидритового вяжущего, а также теплоизолирующего материала – базальтового волокна, производимого из регионального сырья [7].

Предложены и проведены исследования по использованию базальтового волокна, вспученного пенополистирола и ангидритового вяжущего для изготовления ангидритовых листов «ПАНО» (панели ангидритовые отделочные). Использование ангидритового вяжущего вместо гипсового снижает себестоимость, базальтового наполните-

ля – улучшает комфортность помещения, удлиняет срок службы, повышает прочность, увеличивает шумо- и теплоизоляцию строительной продукции, вспученного пенополистирольного наполнителя – снижает удельный вес изделия, также увеличивает шумо- и теплоизоляцию строительной продукции.

**Целью исследования** было изучение свойств ангидрито-базальто-пенополистирольных (АБП) строительных отделочных изделий.

Для решения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определить состав АБП шихты;
- 2) определить плотность и прочностные характеристики полученных изделий;
- 3) сравнить характеристики традиционных и экспериментальных строительных отделочных изделий.

Были исследованы образцы существующих популярных строительных отделочных листов ГКЛ (гипсокартонные листы) и ГВЛ (гипсоволокнистые листы) фирмы

«Knauf», которые приняты нами за образец, с удельным весом 0,95 и 0,94 кг/м<sup>3</sup>, прочностью на изгиб 0,13 и 0,18 МПа соответственно. Необходимо было получить изделия с удельным весом в пределах 0,8–1,3 г/см<sup>3</sup>, прочностью на изгиб в пределах 0,13 МПа и выше.

Для проведения опытов были взяты следующие компоненты:

- фторангидрит (ФА) (рН = 7, содержание водорастворимого CaSO<sub>4</sub> – 20% масс., размер гранул не превышает 200 мкм) [6];
- базальтовое супертонкое волокно (1-4 мкм) (БВ);
- ускоритель твердения ГОСТ 4145–74 [4] (УС);
- песок (крупность до 1 мм) ГОСТ 8736–93 [5];
- вода ГОСТ 23732–79 [3];
- полистирол (0,6–0,9) мм, который путем нагрева на водяной бане превращали в пенополистирол диаметром (1,8–2,5) мм ГОСТ 20282-86 [2].

Растворы готовили следующим образом: брали навески техногенного ангидрита, базальтового волокна, ускорителя схватывания, добавок: песок строительный в качестве наполнителя и пенополистирол (ППС), который вводили для снижения удельного веса получаемых образцов. Смешивание компонентов проводили в следующем порядке: ангидрит, волокно, ускоритель схватывания, добавки, после тщательного перемешивания приливали воду затворения. Полученным раствором заполняли формы размерами 40×40×40 и 160×40×8 мм. Образцы в формах выдерживали в течение суток. После извлечения из форм образцы выдерживали на воздухе на протяжении 6 суток. Перед испытанием образцы подвергают визуальному осмотру, устанавли-

вая наличие дефектов в виде околос ребер, раковин и инородных включений. Образцы, имеющие трещины, околы ребер глубиной более 10 мм, раковины диаметром более 10 мм и глубиной более 5 мм, а также следы расслоения и недоуплотнения бетонной смеси, испытанию не подлежат. Наплывы на ребрах опорных граней образцов должны быть удалены напильником или абразивным камнем. На образцах выбирают и отмечают грани, к которым должны быть приложены усилия в процессе нагружения. Опорные грани отформованных образцов-кубов, предназначенных для испытания на сжатие, выбирают так, чтобы сжимающая сила при испытании была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в формы. Линейные размеры образцов измеряют с погрешностью не более 1%. Перед испытанием образцы взвешивают с целью определения их средней плотности. Согласно ГОСТ 10180-90 [1], полученные кубики и пластины подвергали испытанию на прочность при сжатии и изгибе соответственно, а также определяли удельный вес каждого образца. Испытания проводились при помощи лабораторного пресса.

Образцы с разным ускорителем схватывания (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaF) при определении предела прочности на сжатии показали следующие результаты: 13,6; 17,2; 16,6 МПа соответственно. Максимальный предел прочности при сжатии дали образцы, в которых в качестве ускорителя схватывания использовали сульфат калия. В дальнейшем, при проведении опытов, в качестве ускорителя схватывания использовали сульфат калия.

Составы образцов приведены в табл. 1, 3. Плотность и прочностные характеристики образцов приведены в табл. 2, 4.

**Таблица 1**

Составы ангидрито-базальтовых смесей

Содержание БВ, % масс.	ФА, г	БВ, г	УС, г	Песок, г	Вода, мл
0,5	600	4,6	13,7	297,7	274,8
1,0	600	9,1	13,7	293,0	274,8
2,0	600	18,3	13,7	283,9	274,8
3,0	600	27,5	13,7	274,8	274,8
4,0	600	36,6	13,7	265,6	274,8
5,0	600	45,8	13,7	256,5	274,8
7,0	600	64,1	13,7	238,2	274,8

Содержание базальтового волокна (БВ), указано в процентах относительно количества твердых компонентов смеси, увеличивается за счет снижения количества песка.

Результаты испытаний ангидритовых образцов на предел прочности при сжа-

тии приведены в табл. 2 и представлены на рис. 1.

Предел прочности при сжатии определяли после 7 суток твердения. Из рис. 1 видно, что при добавлении базальтового волокна в количестве 1% образцы обладали

максимальной прочностью. Состав смеси содержал ФА – 600 г, УС – 13,7 г, вода – 275 мл, изменяли содержание базальтового волокна (0,5–7% от количества твердых компонентов смеси) за счет снижения массы песка (26–32,5% от количества твердых компонентов смеси).

Состав смеси содержал ФА – 300 г, УС – 4,6 г, БВ – 3,1 г, вода – 93 мл, изменяли содержание пенополистирола (0,6–1)% от количества твердых компонентов смеси).

Из табл. 4 и рис. 2 видно, что при добавлении в ангидритовую смесь пенополистирола в количестве 0,6% образцы имеют необходимую прочность, близкую к эталонному значению (листы ГКЛ, ГВЛ).

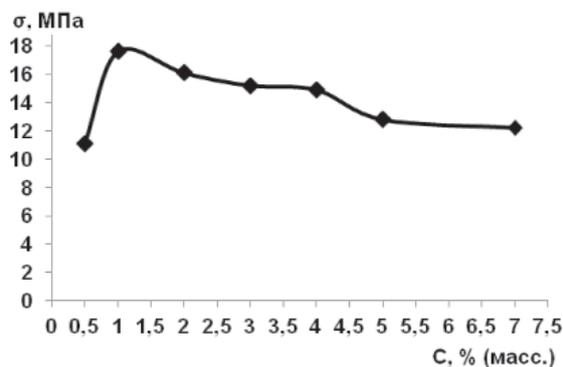


Рис. 1. Влияние содержания базальтового волокна (С, % масс.) в ангидритовых образцах на предел прочности при сжатии (σ, МПа)

Таблица 2

Влияния содержания базальтового волокна в ангидритовых образцах на предел прочности при сжатии

Содержание БВ, % масс.	Масса образцов, г	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа
0,5	103,9	2,5	11,1
1,0	101,0	2,4	17,6
2,0	106,8	2,3	16,1
3,0	112,6	2,2	15,2
4,0	118,4	2,0	14,9
5,0	124,2	1,9	12,8
7,0	97,1	1,5	12,2

Таблица 3

Составы ангидрито-базальто-пенополистирольных смесей

Содержание пенополистирола, % масс.	ФА, г	БВ, г	УС, г	ППС (d = 2,5 мм), г	Вода, мл
0,6	300	3,1	4,6	1,85	93
0,7	300	3,1	4,6	2,10	93
0,8	300	3,1	4,6	2,50	93
1,0	300	3,1	4,6	3,10	93

Таблица 4

Влияния содержания пенополистирола в ангидритовых образцах на предел прочности при сжатии

Содержание пенополистирола, % масс.	Масса образцов, г	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа
0,6	102,4	1,10	5,6
0,7	97,6	1,00	5,1
0,8	92,8	0,99	4,6
1,0	76,2	0,93	2,1

Дополнительные испытания прочности на изгиб проводили на образцах, состав которых был следующим: ФА – 96,9%, БВ – 1%, УС (сульфат калия) – 1,5%,

ППС – 0,6%, Вода – 28%. При этом были получены следующие результаты: плотность – 1,1 г/см<sup>3</sup>; предел прочности на изгиб – 0,35 МПа.

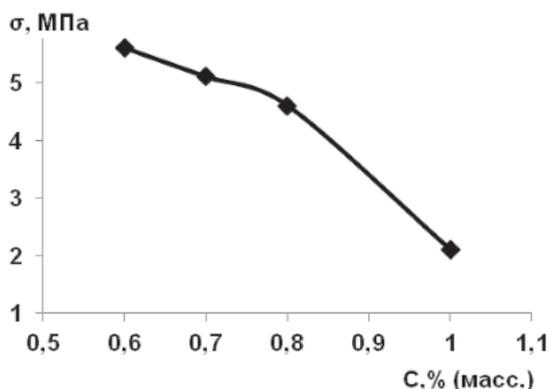


Рис. 2. Влияние содержания пенополистирола (С, % масс.) в ангидритовых образцах на предел прочности при сжатии (σ, МПа)

### Выводы

1. Установлен оптимальный состав техногенной шихты, соответствующий эталонным образцам из природных материалов: ФА – 96,9%, БВ – 1%, УС (сульфат калия) – 1,5%, ППС-0,6%, вода – 28%.

2. Определены прочность и плотность полученных изделий из оптимального состава шихты: плотность – 1,1 г/см<sup>3</sup>, предел прочности на изгиб – 0,35 МПа.

3. Техногенное сырье – ангидритовое вяжущее – способно заменить гипсовое вяжущее в отделочных строительных изделиях ГКЛ и ГВЛ, что устранит загрязнение окружающей среды в местах накопления сульфаткальциевых отходов и снизит себестоимость строительной продукции.

### Список литературы

1. ГОСТ 10180-90 Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Изд-во стандартов, 1990 г.
2. ГОСТ 20282-86 Полистирол общего назначения. Технические условия – М.: Изд-во стандартов, 1991 г.

3. ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1979 г.

4. ГОСТ 4145-74 Реактивы. Калий серноокислый. Технические условия – М.: Изд-во стандартов, 1993 г.

5. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2006 г.

6. Федорчук Ю.М., Техногенный ангидрит, его свойства, применение. Монография. Томск Изд-во ТПУ, 2005 г. – 110. С

7. Федорчук Ю.М., Цыганкова Т.С., Виноградова Ю.С. Анализ производственных параметров процесса изготовления листов сухой штукатурки из твердых отходов фтороводородного производства СХК // Энергия молодых – экономике России: Труды V Всерос. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – С. 500–503.

### References

1. GOST 10180-90 Metody opredeleniia prochnosti po kontrolnym obrazcam. M.: Izd-vo standartov, 1990.

2. GOST 20282-86 Polistirol obshchego naznacheniia. Tekhnicheskie usloviia. M.: Izd-vo standartov, 1991.

3. GOST 23732-79 Voda dlia betonov i rastvorov. Tekhnicheskie. M.: Izd-vo standartov, 1979.

4. GOST 4145-74 Reaktivy. Kalii sernokislyi. Tekhnicheskie usloviia. M.: Izd-vo standartov, 1993.

5. GOST 8736-93 Pesok dlia stroitelnykh rabot. Tekhnicheskie usloviia. M.: Izd-vo standartov, 2006.

6. Fedorchuk Yu.M. Tekhnogennyi ангидрит, ego svoitva, primeneniie. Monografiia. Tomsk Izd-vo TPU 2005. 110 p.

7. Fedorchuk Yu.M. Tsygankova T.S. Vinogradova iu s analiz proizvodstvennykh parametrov protsessa izgotovleniia listov sukhoi shtukaturki iz tv rdykh otkhodov fluorovodorodnogo proizvodstva SKHK // Energiia molodykh ekonomike Rossii: Trudy V Vseros. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. Tomsk: Izd-vo TPU, 2004. pp. 500–503.

### Рецензенты:

Гузеева Т.И., д.т.н., доцент, профессор кафедры химии и технологии материалов современной энергетики (ХиТМСЭ), НИЯУ МИФИ, г. Северск;

Недавний О.И., д.т.н., профессор кафедры оснований, фундаментов и испытаний сооружений (ОФИС), ТГАСУ, г. Томск.  
Работа поступила в редакцию 31.01.2014.