

УДК 553.635

**ВЛИЯНИЕ КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ И КАЛЬЦИЕВЫХ
МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ НА ПРОЧНОСТЬ И ВОДОПОТРЕБНОСТЬ
ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ФОСФОГИПСА**



**THE EFFECT OF SILICA AND CALCIUM MINERAL POWDERS
ON THE STRENGTH AND WATER DEMAND
OF GYPSUM BINDER BASED ON PHOSPHO-GYPSUM**

Удодов С.А.

кандидат технических наук,
заведующий кафедрой производства
строительных конструкций и строительной механики,
Кубанский государственный технологический университет
udodov-tec@mail.ru

Маштакон А.Ф.

кандидат химических наук,
лаборант-исследователь кафедры производства
строительных конструкций и строительной механики

Шиян Д.В.

кандидат экономических наук,
доцент кафедры производства
строительных конструкций и строительной механики
shiyandv80@mail.ru

Самандасюк Г.В.

инженер кафедры производства
строительных конструкций и строительной механики»
gleb6730@gmail.com

Аннотация. Производство фосфорных минеральных удобрений сопряжено с появлением значительного количества побочного продукта – фосфогипса. Ввиду чего актуальность развития технологии переработки его в гипсовое вяжущее обусловлена двумя основными факторами: во-первых, необходимостью утилизации большого количества накопленного и постоянно образующегося в ходе производственного цикла предприятий побочного продукта – фосфогипса; во-вторых, расширения сырьевой базы для производства ресурсосберегающих строительных материалов и изделий. Одной из ключевых проблем в этом направлении является достижение достаточных прочностных показателей получаемого воздушного вяжущего. В ходе работы установлено, что введение в гипсовое вяжущее кремнеземистых или кальциевых минеральных порошков приводит к росту прочности на 10–40 %, что, однако, не обеспечивает получение гипса марки Г2.

Ключевые слова: фосфогипс, кварцевый песок, воздушная известь, гидратная известь, водопотребность, прочность фосфогипса.

Udodov S.A.

Candidate of Technical Sciences,
Head of the Department of Production
of Building Structures
and Construction Machinery,
Kuban State Technological University
udodov-tec@mail.ru

Mashtakov A.F.

Candidate of Chemical Sciences,
Laboratory researcher of the Department
of Production of Building Structures
and Structural Mechanics

Shiyan D.V.

Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor of the Department
of Production of Building Structures
and Structural Mechanics
shiyandv80@mail.ru

Samandasyuk G.V.

Engineer of the Department
of Production of Building Structures
and Structural Mechanics
gleb6730@gmail.com

Annotation. the production of phosphoric mineral fertilizers is associated with the appearance of a significant amount of by-product – phosphogypsum. Therefore, the relevance of the development of its processing technology into gypsum binder is due to two main factors: firstly, the need to recycle a large amount of accumulated and constantly forming during the production cycle of enterprises by-product – phosphogypsum; secondly, the expansion of the raw material base for the production of resource-saving building materials and products. One of the key problems in this direction is the achievement of sufficient strength indicators of the resulting air carrier. In the course of the work, it was found that the introduction of silica or calcium mineral powders into the gypsum binder leads to an increase in strength by 10–40 %, which, however, does not ensure the production of gypsum grade G2.

Keywords: phosphogypsum, quartz sand, air lime, hydrate lime, water demand, strength of phosphogypsum.

При производстве фосфорных удобрений образуется значительное количество побочного продукта – фосфогипса, который, в большинстве случаев, накапливается в непосредственной близости к месту производства и хранится в открытых отвалах. В Краснодарском крае действует крупное предприятие по производству фосфорных минеральных удобрений ООО «ЕвроХим – Белореченские минудобрения». Предприятие является одним из крупнейших промышленных объектов юга России и градообразующим предприятием города Белореченска. «ЕвроХим БМУ» – верти-

кально интегрированная компания с широкой сферой деятельности: от добычи полезных ископаемых и углеводородов до производства, логистики и дистрибуции удобрений. Продукция компании поставляется более чем в сто стран мира.

На текущий момент в результате деятельности предприятия в отвалах накоплено более 50 млн т фосфогипса. В связи с этим, разработка и внедрение технологий переработки данного побочного продукта в строительное воздушное вяжущее является важной экологической и хозяйственной задачей. Актуальность проекта обусловлена двумя основными факторами: во-первых, необходимостью утилизации большого количества накопленного и постоянно образующегося в ходе производственного цикла предприятий побочного продукта – фосфогипса; во-вторых, расширения сырьевой базы для производства ресурсосберегающих строительных материалов и изделий.

На сегодняшний день имеется значительный опыт получения из фосфогипса воздушного вяжущего вещества, пригодного для изготовления строительных материалов и смесей. Целесообразность использования системного подхода в таких разработках подтверждается исследователями [1–5]. Часть разработок нацелены на безобжигового вяжущего из фосфогипса [6], ряд авторов предлагают получение гипса в форме ангидритового вяжущего [7]. Наиболее перспективно, на наш взгляд, получение из фосфогипса полуводного строительного гипса [8, 9], зачастую одновременно с отделением редкоземельных металлов [10].

Одной из основных проблем гипсового вяжущего β -модификации, получаемого из фосфогипса, является весьма высокая его водопотребность и, как следствие, низкие прочностные характеристики. Как правило, прочность при сжатии таких вяжущих, установленных в возрасте 2 часов, не превышают 1–1,5 МПа. Такой уровень прочности не соответствует даже минимальной марке Г2 по ГОСТ 125. Предварительными испытаниями было установлено, что замена части гипсового вяжущего минеральными порошками, имеющими более низкую водопотребность, способно положительно влиять на физико-механические характеристики затвердевшего гипсового камня.

В данной работе показано влияние добавки минеральных порошков молотого кварцевого песка, гашеной и негашеной извести на водопотребность и прочность смешанного вяжущего. Водопотребность чистого гипса, соответствующую нормальной густоте, принимаем за 100 %. Оценка свойств производилась на соответствие требованиям ГОСТ 125, методика испытаний по ГОСТ 23789.

Прочностные характеристики и водопотребность всех составов приведены на рисунках 1 и 2.

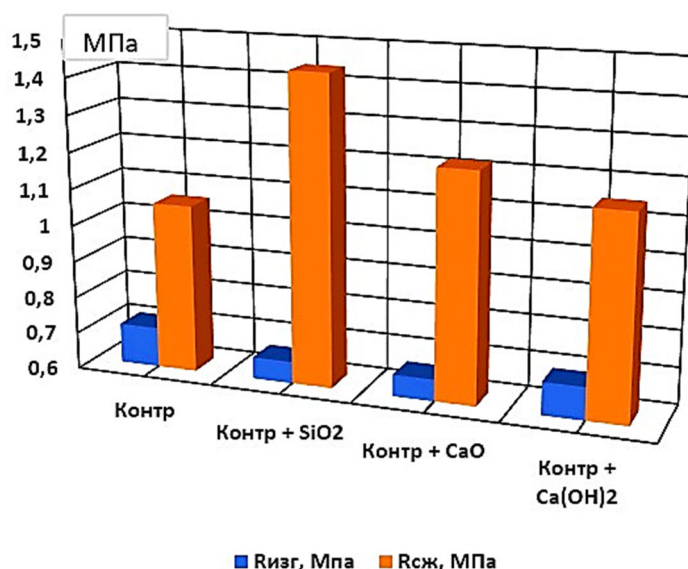


Рисунок 1 – Прочностные характеристики модифицированного гипсового вяжущего

Анализ полученных данных свидетельствует о незначительном положительном влиянии добавления минеральных компонентов на прочностные характеристики вяжущего. Наилучшее действие оказала добавка тонкодисперсного кварцевого песка –

прирост прочности при сжатии составил порядка 40 %. Но и в этом случае прочность гипса осталась на уровне ниже марки Г2. Известковый компонент также привел к незначительному приросту прочности при сжатии, но несколько снизил прочность при изгибе. Последнее, по-видимому, является следствием возросшей водопотребности системы и закономерного увеличения водогипсового отношения.

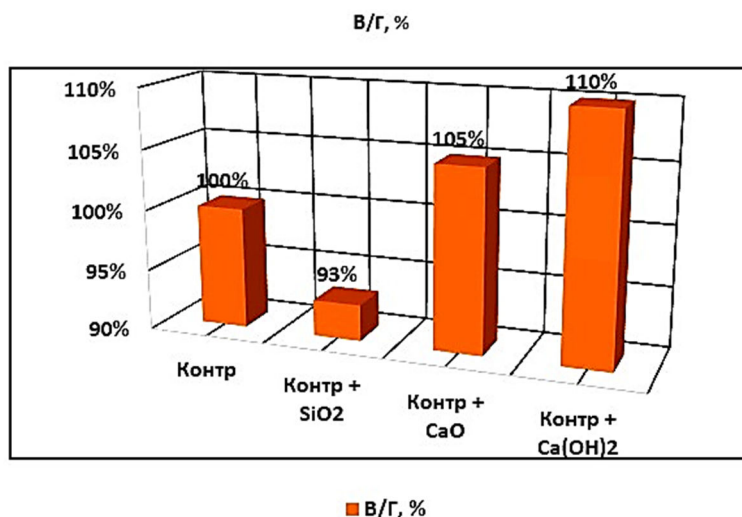


Рисунок 2 – Водопотребность модифицированного гипсового вяжущего

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда и ООО «ЕвроХим-БМУ» (г. Белореченск) в рамках научно-инновационного проекта № МФИ-П-7/22 «Разработка технологии получения гипсового вяжущего из побочных продуктов производственного цикла предприятия (фосфогипса)».

Литература

1. Золотухин С.Н. Эффективные безобжиговые строительные материалы на основе фосфогипса / С.Н. Золотухин, О.Б. Кукина, А.А. Абраменко // Современное строительство и архитектура. – 2017. – № 4(08). – С. 8–14.
2. Ангидритовые вяжущие из фосфогипса и доломита / А.А. Сагындыков [и др.] // Механика и технологии. – 2022. – № 1(75). – С. 71–77.
3. Technological properties of phosphogypsum binder obtained from fertilizer production waste / G. Bumanis, J. Zorica, D. Bajare, A. Korjacins // Energy Procedia. – 2018. № 147. – P. 301–308.
4. Garg M. Some aspects of the durability of a phosphogypsum-lime-fly ash binder / M. Garg, M. Singh, R. Kumar // Construction and Building Materials. – 1996. – № 4. – С. 274–279.
5. Dvorkin L. Application areas of phosphogypsum in production of mineral binders and composites based on them: a review of research results / L. Dvorkin, N. Lushnikova, M. Sonebi // MATEC Web of Conferences. – 2018. – № 149. – P. 01012. – URL : <https://doi.org/10.1051/matecconf/201814901012>
6. Гончаров В.М. Проблемы и пути утилизации фосфогипса с разработкой эффективных технологий и новых стройматериалов с соответствующими потребительскими характеристиками / В.М. Гончаров, С.В. Скориков // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 2014. – № 7-1(7). – С. 50–52.
7. Локшин Э.П. О комплексной переработке фосфогипса / Э.П. Локшин, О.А. Тареева, И.П. Елизарова // Журнал прикладной химии. – 2013. – Т. 86. – Вып. 4. – С. 497–502.
8. Касимов А.М. Новая технология утилизации фосфогипса для производства гипсовых вяжущих и изделий для строительной индустрии / А.М. Касимов, Е.Е. Решта // Экология и промышленность. – 2011. – № 3(28). – С. 90–93.
9. RU 2689631 C2, 2019.05.28.
10. RU 27086718 C1, 2019.12.11.

References

1. Zolotukhin S.N. Effective fire-free building materials based on phosphogypsum / S.N. Zolotukhin, O.B. Kukina, A.A. Abramenko // Modern construction and architecture. – 2017. – № 4(08). – P. 8–14.

2. Anhydrite binders from phosphogypsum and dolomite / A.A. Sagyndykov, B.A. Nurlybaev, N.T. Karabaev, A.K. Medetov // *Mechanics and technology*. – 2022. – № 1(75). – P. 71–77.
3. Technological properties of phosphogypsum binder obtained from fertilizer production waste / G. Bumanis, J. Zorica, D. Bajare, A. Korjacins // *Energy Procedia*. – 2018. – № 147. – P. 301–308.
4. Garg M. Some aspects of the durability of a phosphogypsum-lime-fly ash binder / M. Garg, M. Singh, R. Kumar // *Construction and Building Materials*. – 1996. – № 4. – С. 274–279.
5. Dvorkin L. Application areas of phosphogypsum in production of mineral binders and composites based on them: a review of research results / L. Dvorkin, N. Lushnikova, M. Sonebi // *MATEC Web of Conferences*. – 2018. – № 149. – P. 01012. – URL : <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814901012>
6. Goncharov V.M. Problems and ways of utilization of phosphogypsum with the development of effective technologies and new building materials with appropriate consumer characteristics / V.M. Goncharov, S.V. Skorikov // *Eurasian Union of Scientists (ESU)*. – 2014. – № 7-1(7). – P. 50–52.
7. Lokshin E.P. About complex processing of phosphogypsum / E.P. Lokshin, O.A. Tareeva, I.R. Elizarova // *Journal of Applied Chemistry*. – 2013. – Vol. 86. – Iss. 4. – P. 497–502.
8. Kasimov A.M. New technology of phosphogypsum utilization for the production of gypsum binders and products for the construction industry / A.M. Kasimov, E.E. Reshta // *Ecology and Industry*. – 2011. – № 3(28). – P. 90–93.
9. RU 2689631 C2, 2019.05.28.
10. RU 27086718 C1, 2019.12.11.