



УДК 004.043

Булатов Б.Г. – ассистент

E-mail: bfd82@mail.ru

Башкирский государственный аграрный университет

Адрес организации: 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34

Недосеко И.В. – доктор технических наук, профессор

E-mail: nedoseko_1964@mail.ru

Уфимский Государственный нефтяной технический университет

Адрес организации: 450062, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Перспективы использования результатов функционирования системы автоматизации производства стеновых изделий из фосфогипса

Аннотация

Постановка задачи. Целью работы являлось исследование процесса функционирования системы автоматизированного управления процессом производства стеновых и перегородочных изделий на основе фосфогипса – крупнотоннажного отхода производства минеральных удобрений.

Результаты. С применением стандартных методов исследований строительных материалов изучено влияние технологических характеристик исходного фосфогипсового сырья на механические и эксплуатационные показатели стеновых изделий, полученных на их основе. Анализ и обработка экспериментальных данных позволили построить различные статистические модели, необходимые для эффективного управления технологическим процессом и качеством получаемой готовой продукции.

Вывод. Исследованы функциональные зависимости верхнего иерархического уровня системы автоматизированного управления технологическим процессом производства. Полученные результаты позволяют накапливать фактические данные обработки, которые позволят получить новые знания о технологическом процессе производства стеновых изделий из фосфогипса.

Ключевые слова: фосфогипс, система автоматизированного управления, технология прессования, обработка данных, технологическая операция, этапы управления.

Одной из главных задач, стоящей как перед строительным комплексом Российской Федерации в целом, так и перед строительной индустрией в частности, является резкое увеличение объемов и ускорение темпов строительства недорогого, доступного и комфортного жилья. Естественно, решение данной задачи практически невозможно без опережающего роста объемов производства строительных материалов и изделий разнообразного назначения (стеновых, отделочных, гидроизоляционных и др.). Поэтому практически во всех регионах Российской Федерации крупнейшими инвестиционными проектами являются планы по многократному увеличению объемов производства основных строительных материалов, при этом особое внимание уделяется увеличению производства материалов для малоэтажного, в том числе и индивидуального строительства.

Несмотря на то, что в малоэтажном строительстве могут применяться самые разнообразные строительные материалы и изделия с самым широким спектром механических, технологических и эксплуатационных показателей, определяющий выбор зачастую отдается теплофизическим свойствам и экологичности, которые в максимальной степени определяют комфортность жилья.

Важным стратегическим резервом сырьевой базы гипсовой промышленности является накопление многотоннажных гипсосодержащих отходов (фосфогипс, фторогипс, борогипс, цитрогипс и др.) различных отраслей промышленности, самым массовым из которых является фосфогипс.

Фосфогипс – крупнотоннажный отход производства минеральных удобрений. В настоящее время в отвалах предприятий России накоплено около 200 млн. тонн фосфогипса и ежегодно эти цифры увеличиваются на 10-15 млн. тонн отходов. Отвалы фосфогипса образуют огромные белые горы, занимающие значительные земельные

площади, они пылят на ветру, попадают в почву, загрязняют водоносные слои вредными растворимыми соединениями фтора, фосфора и другими примесями. Предложено огромное количество способов использования фосфогипса, но, несмотря на это, объемы его утилизации, в сравнении с выходом, остаются незначительными (по данным 90-х гг. процент утилизируемого фосфогипса в нашей стране составлял около 17 %). Основная сложность, связанная с фосфогипсом, состоит в следующем. Несмотря на то, что он по своему химическому и минералогическому составу соответствует природному гипсовому сырью первого сорта (содержит в своем составе более 95 % дигидрата сульфата кальция – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), присутствующие в нем примеси (остатки фосфорной и фтористоводородной кислот и их растворимые соли), а также повышенная влажность, от 30 % и более, делает процесс его переработки в готовые изделия, или полуфабрикаты практически нерентабельным [1]. В частности даже такая, казалось бы, несложная технологическая операция, как доставка фосфогипса к месту его переработки автомобильным или железнодорожным транспортом практически невозможна в зимнее время из-за смерзания фосфогипса и большого коррозионного поражения вагонов и кузовов самосвалов. Отмывка же фосфогипса от примесей, к сожалению, не только не решает, а даже усугубляет экологическую проблему, так как на каждую тонну промываемого фосфогипса необходимо порядка 3-4 м³ чистой воды, и сточные воды необходимо очищать дорогостоящими методами [2-3]. Поэтому многими исследователями признается, что одним из наиболее эффективных методов утилизации отходов фосфогипса является производство строительных изделий и конструкций методом прессования, без использования дорогостоящих технологических операций по его отмывке от примесей. При этом с целью значительного снижения одновременных и текущих затрат для производства стеновых и перегородочных изделий большой практический интерес представляет применение метода полусухого прессования, как обладающего наибольшей производительностью. Теоретически доказано и экспериментально подтверждено [3-4], что прессование достаточно жестких смесей (влажность прессованной композиции составляет 15-20 %), содержащих до 80 % отвального фосфогипса и 20-30 % шлакового вяжущего под кратковременным действием прессующего давления от 5 до 20 МПа позволяет получить практически всю номенклатуру стеновых и перегородочных изделий с достаточно высокой марочной прочностью (М50 и более). Сама организация производства не требует значительных капитальных затрат, при этом возможно использование серийного оборудования, выпускаемого отечественными заводами для производства грунтоблоков (рис. 1), а также использование действующих технологических линий по прессованию силикатного кирпича, многие из которых в настоящее время простаивают.



Рис. 1. Мобильная установка РК-250
для полусухого прессования стеновых и перегородочных изделий из различного сырья
(гипсовые и грунтоцементные композиции).
Кувандыкский механический завод, Оренбургская область

Для реализации данного направления промышленного использования фосфогипсовых отходов в настоящее время завершаются исследования по отработке составов композиционного гидравлического гипсового вяжущего и технологии получения строительных изделий на его основе. Участок производства искусственного гипсового камня, реализующий данную технологию, пущен в эксплуатацию на отвале фосфогипса одного из химических заводов. Принципиальная схема участка приведена на рис. 2. Приведенный технологический процесс включают в себя следующие основные технологические операции: частичная сушка и дозирование исходных компонентов (отвальный фосфогипс с естественной влажностью, подсушенный фосфогипс, модифицирующие добавки, шлаковое вяжущее); приготовление формовочной композиции в смесителе принудительного действия; кратковременное прессование изделий в пресс-формах с одновременной выпрессовкой; выдержка до достижения требуемой прочности; транспортировка изделий на склад готовой продукции и отправка их потребителю.

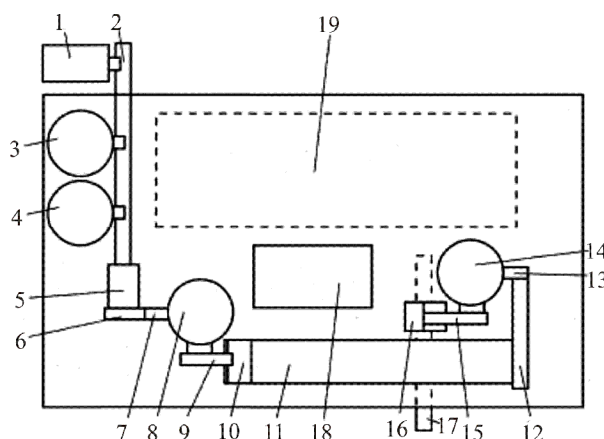


Рис. 2. Принципиальная схема участка производства искусственного гипсового камня:
1 – приемный бункер; 2 – ленточный конвейер; 3, 4 – силоса для технологических добавок;
5 – шнековый смеситель; 6 – ленточный питатель; 7 – элеватор; 8 – бункер томления;
9 – ленточный питатель; 10 – приемный бункер-дозатор ИК-сушила; 11 – ИК-сушило;
12 – ленточный питатель; 13 – элеватор; 14 – бункер охладитель; 15 – ленточный питатель;
16 – брикетировочный пресс; 17 – наклонный ленточный конвейер; 18 – диспетчерский пункт;
19 – резервная площадь для второй очереди

В дальнейших исследованиях мы будем ориентироваться на эту технологию.

Для оперативного управления качеством готовой продукции – стеновых изделий из фосфогипса – необходимо знание о процессе формировании качества готовой продукции. Влияние показателей качества компонентов смеси $X(t)$ и параметров технологического процесса $TP(t)$ на свойства готового изделия $Y(t)$ с учетом совокупного возмущения, приведенного к выходу технологического процесса $F(t)$ может быть представлено в следующем виде:

$$Y(t) = \Psi[X(t - \tau_1); TP(t - \tau_2)] + F(t), \quad (1)$$

где τ_1 – транспортное запаздывание соответствует времени цикла производства изделий из фосфогипса;

τ_2 – транспортное запаздывание между моментом времени действия i -ого технологического фактора и временем окончания производственного цикла¹.

К сожалению, на практике [5-7, 9] зависимость вида (1) отсутствует и вместо такой зависимости имеется ограниченный набор связей следующего вида:

$$\begin{cases} y_m = \psi[x_i; \dots; x_j] \\ y_k = \psi[tp_f; \dots; tp_g] \\ \dots \\ y_b = \psi[x_i; \dots; x_j; tp_f; \dots; tp_g] \end{cases}, \quad (2)$$

¹Для различных технологических операций транспортное запаздывание меняется

где $m = \overline{1, N}; k = \overline{1, N}; b = \overline{1, N}; i = \overline{1, K}; j = \overline{1, K}; f = \overline{1, M}; g = \overline{1, M}$.

Зависимости вида (2) получают из-за ограниченного участия действующих факторов при изучении связей. Кроме того, как правило, не учитывается динамика процесса.

Рассмотрим структуру САУ для технологии прессования полусухой смеси на основе отвального фосфогипса с сушкой всей массы фосфогипса до оптимальной влажности (рис. 3). В данной работе мы рассматриваем САУ верхнего иерархического уровня [9].

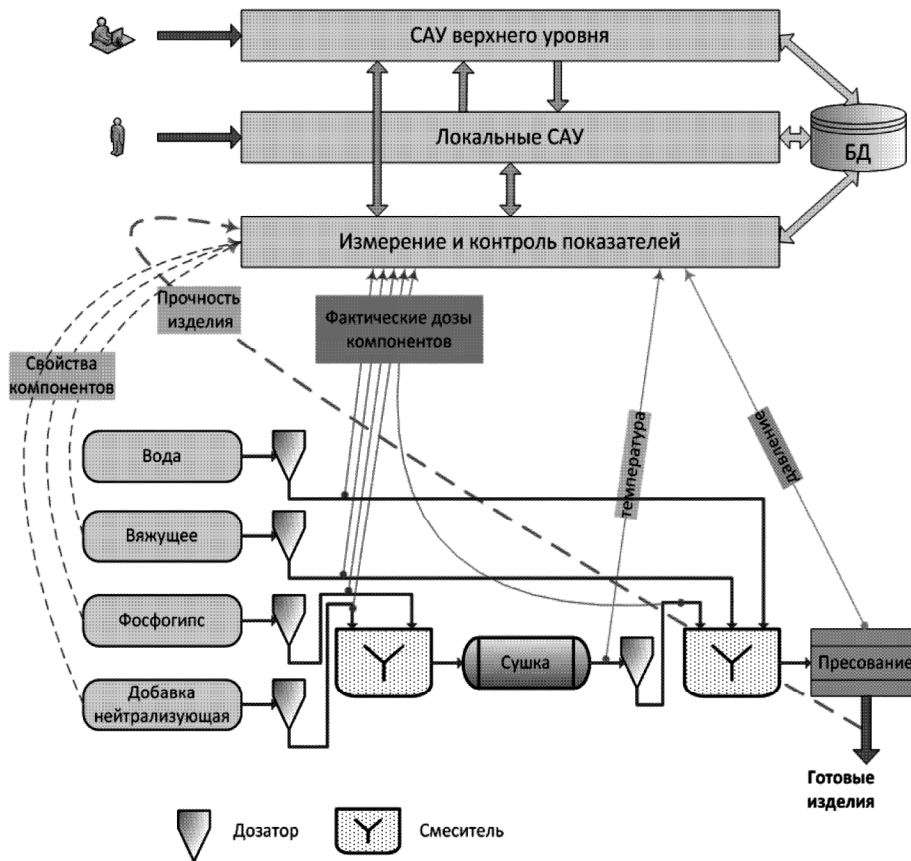


Рис. 3. Общая структура САУ для технологии прессования полусухой смеси на основе отвального фосфогипса с сушкой всей массы фосфогипса до оптимальной влажности

САУ верхнего уровня (рис. 4) как правило, не имеет связи непосредственно с технологическим процессом, а контролирует состояние процесса и управляет им через подсистему нижнего уровня [5].



Рис. 4. Основные задачи САУ верхнего иерархического уровня

Построение статистических моделей необходимо для эффективного управления процессом. Имеющиеся аналитические зависимости между отдельными показателями и качеством готовой продукции либо отсутствуют, либо имеют невысокую точность. Поэтому по мере накопления фактических данных в СУБД реализуются различные

статистические модели процесса. При этом следует постоянно оценивать точность моделей и использовать их только при удовлетворительной точности.

Как показывают исследования различных технологических процессов в строительной индустрии [5] в САУ верхнего уровня управления широко используется динамика различных показателей. Это подразумевает решение двух взаимосвязанных задач:

- Идентификация – оперативная оценка параметров модели временного ряда.
- Прогнозирование. При достаточной точности идентификации можно использовать найденные динамические характеристики для решения задач прогнозирования.

В процессе работы САУ в ее базе данных накапливаются результаты контроля:

- компонентов смеси $X(t)$;
- режимов технологического процесса $TP(t)$;
- рецептуры смеси $R(t)$;
- показателей качества готовой продукции $Y(t)$.

Необходимо особо подчеркнуть, что все эти данные упорядочены по времени, что создает хорошие условия для их анализа.

В работе [6] отмечается, что использование этих данных неэффективно из-за крайне медленного поступления и накопления новых данных. Действительно, пусть параметр X контролируется один раз в смену. Тогда для того, чтобы получить для анализа динамических характеристик ряд всего из 100 значений $\{X[t]; X[t-1]; \dots; X[t-99]\}$ потребуется около 1 месяца. Но это справедливо только для решения задач оперативного управления технологическим процессом.

Статистический анализ накопленных в СУБД данных позволит получить зависимости вида:

$$Y(t) = \Phi[X(t); TP(t); R(t)], \quad (3)$$

позволит выявить устойчивые связи между параметрами и идентифицировать возмущение действующее на технологический процесс.

Таким образом, разработанная САУ [5-10] не только обеспечивает эффективное оперативное управление технологическим процессом производства стеновых изделий из фосфогипса, но и накапливает фактические данные, обработка которых позволит получить новое знание о технологическом процессе.

В результате анализа имеющихся данных могут быть внесены новые предложения:

- по изменению технологии производства гипсобетонных изделий;
- изменения ограничений, накладываемых нормативными документами.

Новые технические средства, обеспечивающие, в первую очередь, эффективный контроль свойств компонентов смеси, режимов технологического процесса и качества готовой продукции. При этом требования к частоте и точности контроля параметров могут быть обоснованы накопленными данными. По мере внедрения новых технических средств контроля повышается эффективность управления.

Для обеспечения работоспособности новых технологий и технических средств необходима коррекция программного обеспечения САУ верхнего иерархического уровня. Новые знания о процессе в виде корреляционных зависимостей так же требуют обновления программного обеспечения. Кроме того, по мере накопления и анализа опыта работы САУ возможно усовершенствование алгоритмов и программного обеспечения.

Список библиографических ссылок

1. Бабков В. В., Недосеко И. В., Мирсаев Р. Н. Опыт производства и применения гипсовых вяжущих в Республики Башкортостан : сб. трудов второй всероссийской конференции «Гипс и его применение». Уфа. 2004, С. 196-200.
2. Гаитова А. Р., Ахмадулина И. И., Печенкина Т. В., Пудовкин А. Н., Недосеко И. В. Наноструктурные аспекты гидратации и твердения гипсовых и гипсошлаковых композиций на основе двуводного гипса // Строительные материалы. № 1-2. 2014, С. 46–51.

3. Eipeltauer E., Bamik G., Adsorbiertes Wasser und auberggewohnliche Hydrate in Gipsplastern und dadurch belingte fehler in Phasenanalysen // Tonindustrie Zeitung. 1975. № 10. В. 99.
4. Мирсаев Р. Н., Бабков В. В., Недосеко И. В., Юнусова С. С., Ахмадулина И. И., Шаяхметов У. Ш. Структурообразование и твердение прессованных композиций на основе дигидрата сульфата кальция // Строительные материалы. № 6. 2009. С. 6–9.
5. Булатов Б. Г., Недосеко И. В. Разработка структуры системы управления производством стеновых изделий на основе гипсосодержащих отходов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. № 2 (30) 2014. С. 109–112.
6. Булатов Б. Г., Недосеко И. В. Система управления процессом переработки многотонажного гипсосодержащего отхода производства минеральных удобрений – фосфогипса в готовые изделия // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. № 2 (34) 2015. С. 69–71.
7. Ostroukh A. V., Surkova N. E., Nuruev Y. E. O., Nedoseko I. V., Fattakhov M. M., Salov A. S. Automated information-analitical system for dispatching control of transportation concrete products // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. P. 40063–40067.
8. Программа расчета составов гипсовых и гипсошлаковых сырьевых смесей для производства мелкоштучных стеновых изделий на основе отвального фосфогипса : свид. Роспатента РФ № 2015614693 на регистрацию программы для ЭВМ № 2015611008. заявл. 24. 02. 2015 г. Зарегистрировано в гос. реестре программ для ЭВМ 23.04.2015 г.
9. Остроух А. В., Недосеко И. В., Булатов Б. Г. Автоматизированная система управления сушильным комплексом завода по изготовлению минерального порошка // Промышленные АСУ и контроллеры. № 11. 2015. С. 3–11.
10. Ostroukh A. V., Nedoseko I. V., Surkova N. E., Bulatov B. G. Automated control system for the milling unit of mineral powders plant // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. № 4. P. 2625–2628.

Bulatov B.G. – assistant

E-mail: bfd82@mail.ru

Bashkir State Agrarian University

The organization address: 450001, Russia, Ufa, 50-letiya Oktyabrya st., 34

Nadeseiko I.V. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: nedoseko1964@mail.ru

Ufa State Oil Technical University

The organization address: 450062, Russia, Ufa, Mendeleev st., 195

Prospects for the use of the results of functioning automation system production of wall products from phosphogypsum

Resume

Problem statement. The aim the work was to study the process of functioning of automated control system of production process of wall and partition products on the basis of phosphogypsum – large-scale waste production of mineral fertilizers.

Results. With the use of the standard methods of researches of building materials the influence of technological characteristics of original phosphogypsum raw materials on mechanical and operational indicators of wall products, produced on their basis was studied. Analysis and processing of experimental data allowed us to construct different statistical models needed for effective industrial process control and the finished product quality control.

Conclusion. We investigated the functional dependence of the upper hierarchical level of the automated control system of technological production process. The results allow to accumulate the actual processing data that will provide new insights about the process of production of the phosphogypsum wall products.

Keywords: phosphogypsum; automatic control system; extrusion technology, data processing; manufacturing operation; management stages.

References

1. Babkov V. V., Nedoseko I. V., Mirsaev R. N., Experience in the production and use of gypsum binders in the Republic Bashkortostan // Proceedings of the II all-Russian seminar with international participation. Improving the efficiency production and use gypsum materials and products. 2004, P. 196–200.
2. Gaitova A. R., Akhmadulina I. I., Pechenkina T. V., Pudovkin A. N., Nedoseko I. V. Nanostructural aspects of hydration and hardening gypsum and slag commodity based on dihydrate gypsum // Stroitel'nyye materialy. № 1-2. 2014. P. 46–51.
3. Eipeltauer E., Bamik G., Adsorbiertes Wasser und auberggewohnliche Hydrate in Gipsplastern und dadurch belingte fehler in Phasenanalysen // Tonindustrie Zeitung. 1975. № 10. B. 99.
4. Mirsaev R. N., Babkov V. V., Nedoseko I. V., Yunusova S. S., Akhmadulina I. I., Shayakhmetov U. S. Structure formation and hardening of extruded compositions based on calcium sulphate dihydrate // Stroitel'nyye materialy. № 6. 2009. P. 6–9.
5. Bulatov B. G., Nedoseko I. V. Development management system structure the production wall products based on gypsum-containing wastes // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. № 2 (30) 2014. P. 109–112.
6. Bulatov B. G., Nedoseko I. V. Control system of recycling process of multitonnage gypsum-containing waste production of mineral fertilizers – phosphogypsum into finished products // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. № 2 (34) 2015. P. 69–71.
7. Ostroukh A. V., Surkova N. E., Nuruev Y. E. O., Nedoseko I. V., Fattakhov M. M., Salov A. S. Automated information-analitical system for dispatching control of transportation concrete products // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 19. P. 40063-40067.
8. Program for calculating the composition of gypsum and gypsum slag raw mixtures for the production of small-piece wall products based on phosphogypsum dump : Certificate of Rospatent of the Russian Federation № 2015614693 for registration of computer program Application № 2015611008 from 24.02.2015 Registered in the state register of computer programs 23.04.2015.
9. Ostroukh A. V., Nedoseko I. V., Bulatov B. G. Automated control system of drying complex of plant for the production of mineral powder // Promyshlennyye asu i kontrollery. № 11. 2015. P. 3–11.
10. Ostroukh A. V., Nedoseko I. V., Surkova N. E., Bulatov B. G. Automated control system for the milling unit of mineral powders plant // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. T. 11. № 4. P. 2625–2628.