

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Белгородский
государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова»,

г. Белгород

д.т.н., профессор

Е.И. Евтушенко

«3» октября 2018 г.



на диссертацию

Самохвалова Олега Владимировича

«Автоматизация технологического процесса обжига при производстве керамзита заданной прочности»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)

Актуальность для науки и практики

Керамзит нашёл широкое применение не только в современном строительстве зданий и сооружений, но и в покрытиях аэродромов и автодорог, в судостроении и мостостроении, потому что он имеет явно выраженные преимущества по сравнению с другими заполнителями, а именно: высокие теплоизоляционные свойства, морозостойкость, долговечность.

Современное строительное производство предъявляет жёсткие требования к характеристикам строительных материалов, в частности – к постоянству значений прочности керамзита. На процесс обжига керамзита во вращающейся печи существенное влияние оказывают возмущение (вариация влажности сырца, изменение температуры окружающей среды и др.), что приводит к значительному разбросу значений прочности и плотности керамзита, поэтому весьма актуальной

для практики строительного производства является поставленная в диссертации цель обеспечения автоматической стабилизации заданной прочности керамзита в процессе его обжига.

Сложность решения этой задачи автоматизации объясняется прежде всего трудностью измерения температуры керамзита в процессе обжига и ограниченным числом управляющих воздействий. На практике оператором используются лишь изменение объёмной тепловой мощности горелки и загрузки сырца в печь, кроме того недостаточно рассмотрены вопросы математического моделирования технологического процесса обжига керамзита как объекта управления. В связи с этим сформулированные автором задачи по созданию математического описания технологического процесса обжига керамзита как объекта управления и синтезу многомерной системы автоматического управления этим процессом актуальны с точки зрения получения новых теоретических научных знаний и их практического использования в производстве высокопрочного керамзита с экономичным расходом энергоресурсов. Актуальной является также задача синтеза алгоритма функционирования задающего устройства, обеспечивающего согласованное управление скоростью вращения печи, величиной её загрузки и объёмной тепловой мощностью горелки, который позволяет получать керамзит заданной прочности и требуемой марки в условиях технологических ограничений и минимизации расхода газа.

Автор в своей диссертации предлагает решение поставленных задач путём создания многомерной системы автоматического управления. Такие системы для управления обжигом керамзита во вращающейся печи с учётом того, что технологический процесс представляет собой нестационарный объект с распределёнными параметрами и с существенным запаздыванием, ранее не рассматривались. Оригинальность этого подхода подтверждается и патентом на изобретение, полученным автором. Приобретенный при выполнении исследований опыт создания системы автоматического управления показал, что её использование позволяет эффективно решить как технологические задачи (в частности – повышение и стабилизация прочности получаемого керамзита), так и

организационно-экономические (в частности – снижение затрат газа на производство 1 м^3 керамзита). Предложенный подход и результаты исследования могут быть распространены для управления как вращающимися печами других типоразмеров при обжиге керамзита, так и для вращающихся печей обжига при производстве других строительных материалов, что подтверждает актуальность тематики кандидатской диссертации Самохвалова О.В.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Новизна исследований, представленных в работе, в целом заключается в разработке математических моделей технологического процесса обжига керамзита во вращающейся печи как объекта управления с распределёнными параметрами, последующем синтезе многомерной системы автоматического управления этим технологическим процессом и в разработке инженерной методики проектирования рассматриваемого класса систем автоматического управления.

Научная новизна диссертации работы чётко сформулирована автором в работе. Остановимся на её особенностях. Во-первых, автор на основе исследований С.П. Онацкого, В.В. Перегудова, А.С. Фадеева и др. авторов разработал модель технологического процесса обжига керамзита во вращающейся печи как многомерного объекта управления с распределёнными параметрами, которая по сравнению с известными моделями проблемно ориентирована на создание многомерной системы автоматического управления скоростью вращения печи, величиной её загрузки и объёмной тепловой мощностью горелки, что позволяет обеспечить стабилизацию производства керамзита с требуемым значением прочности. Анализ созданной математической модели применительно к печи $2,5 \times 40\text{ м}$ позволил автору решить важную задачу по выбору по оси вращения печи доминирующего сечения F , температура в котором существенно влияет на прочность получаемого керамзита. Измерение температуры в трёх сечениях (F , A и C) способствует повышению управляемости формирования кривой обжига. В итоге созданы предпосылки для управления прочностью производимого керамзита.

Связь между температурами в сечениях F, A и C и прочностью керамзита представлена разработанной с участием автора температурно-прочностной характеристикой обжига керамзита. Эта характеристика ориентирована на выбор значений вектора задающих координат многомерной САУ обжигом.

Во-вторых, диссертант, на основании предложенного описания рассматриваемого объекта управления выполнил его структурный синтез, где в качестве управляемого вектора принят вектор температуры керамзита в сечениях F, A и C печи; вектор управления U включает в себя компоненты, представляющие скорость $\omega_{\text{п}}$ вращения печи, загрузку q_z сырца и объёмную тепловую мощность $Q_{\text{г}}$ горелки; за основное возмущение принято изменение величины влажности w сырца. Далее автор выявил динамические связи между компонентами векторов управления и выхода при наличии возмущения, отраженные в форме математической модели динамики процесса обжига в виде системы дифференциальных уравнений. В своих исследованиях автор доказал адекватность созданной математической модели путём сравнения кривых обжига, построенных по результатам моделирования, с результатами натурных экспериментов, полученных С.П. Онацким.

В-третьих, автором была синтезирована многомерная система автоматического управления технологическим процессом обжига керамзита, которая отличается от известных тем, что в ней с целью обеспечения выпуска керамзита с заданной прочностью и снижения расхода газа осуществляется согласованное управление скоростью вращения печи, величиной её загрузки и объёмной тепловой мощностью горелки. Разработан алгоритм функционирования задающего устройства, позволяющий получать керамзит заданной прочности и требуемой марки в условиях технологических ограничений и вариации параметров сырца.

Автор показал, что технологический процесс обжига как многомерный объект управления характеризуется существенным разбросом значений параметров собственных динамических звеньев и звеньев перекрёстных связей. В связи с этим было вполне обоснованно осуществить структурный синтез трёх каналов

многомерной системы управления в виде многоконтурных, а именно, двухконтурных, систем управления с одной измеряемой координатой, которые, как следует из работ С.Я. Галицкого, К.С. Галицкова, А.С. Фадеева и др., обладают свойством робастности.

Практическая значимость диссертационной работы

Практическая ценность диссертации заключается в создании методики инженерного проектирования многомерной системы автоматического управления технологическим процессом обжига керамзита, которая использовалась при разработке варианта технической реализации. Автором предложен достаточно простой вариант измерения температуры керамзита во вращающейся печи термopами Rosemount 1075 и способ передачи этих данных на программируемый контроллер по радиоканалу с использованием беспроводного измерительного преобразователя температуры Rosemount 648 и приёмного шлюза Rosemount 1420.

Предложенные автором вычислительные модели объекта и системы управления в целом имеют важное практическое значение как для продолжения исследований в рассматриваемом научном направлении для комплексной автоматизации технологического процесса обжига керамзита, так и в инженерной практике разработки и эксплуатации подобного класса систем автоматического управления.

Достоинством работы является то, что результаты исследований используются в практике инженерного проектирования на ООО «Керамуз» (г. Самара) при разработке рекомендаций по повышению эффективности управления обжиговым оборудованием цехов по производству керамзита, что подтверждается актом внедрения, а также используются в учебном процессе Самарского государственного технического университета при подготовке специалистов по направлению «Строительство» – бакалавров профиля «Механизация и автоматизация строительства» и магистров по профилю «Комплексная механизация строительства».

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается достаточно полным и корректным применением современного математического аппарата при исследовании объекта и системы управления. Достоверность аналитических исследований подтверждена путем сравнения результатов натурных экспериментов, проведенных С.П. Онацким, и результатов численного моделирования, проведенного в данной работе. Результаты диссертации обсуждались на Всероссийских, международных и межвузовских конференциях.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаем целесообразным продолжить работу в Самарском государственном техническом университете на кафедре «Механизация, автоматизация и энергоснабжение строительства» с целью дальнейшего расширения технологических возможностей вращающихся печей для производства керамзита.

Перспективной представляется тематика, связанная с практической реализацией разработанной многомерной системы автоматического управления подобными классами вращающихся печей.

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать на промышленных производственных предприятиях, в том числе ООО «ПКФ Спутник» г. Самара; ОАО «Керамзит» г. Самара; АО «НИИКерамзит»; ООО «Керамуз» г. Самара; в научно-исследовательской деятельности кафедры «Механизация, автоматизация и энергоснабжение строительства» Самарского государственного технического университета, а также в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению «Строительство» по профилю «Механизация и автоматизация строительства» и магистров по профилю «Комплексная механизация строительства» в Самарском государственном техническом университете.

Общие замечания

Несмотря на положительную оценку работы, в ней имеют место недостатки. Отметим лишь существенные:

1. Принятые допущения при разработке модели иногда слишком идеализированы, например, одинаковая толщина слоя керамзита по всей внутренней поверхности, что возможно только при большой центробежной силе, возникающей при высокой скорости вращения печи, или предположение о постоянной скорости движения керамзита в предположении неизменной скорости вращения печи, но ведь скорость ω_p является управляющей переменной, которая в процессе управления изменяется (стр.41).

2. Не ясно откуда возникли «оптимальные траектории» (стр.100), тем более, что этот термин применен к управляющему воздействию. В то же время аналитического решения задачи оптимизации не проводилось, а форма оптимального управления, получаемого в процессе синтеза предполагает определение не только формы скачка, но и времени переключения. Более правильно использовать термин «динамический удар» и проводить исследование системы при этом виде воздействия, что по сути и делается в диссертационной работе (стр100-109).

3. Отсутствие цифровых моделей, представленных в форме Z-передаточных функций, не позволяет сделать оценку результатов моделирования как цифровой системы, ведь непрерывная система, смоделированная в MATLAB, тоже цифровая.

Заключение

Представленные выше замечания не снижают научной и практической ценности диссертации. Результаты диссертационной работы Самохвалова О.В. целесообразно использовать при проектировании и эксплуатации систем автоматического управления технологическим процессом обжига керамзита во вращающейся печи. Задачи, поставленные автором, успешно доведены до

логического завершения путем использования методов теории автоматического управления, теории электрического привода, математического и численного моделирования.

Полученные результаты соответствуют поставленным целям и решаемым задачам в диссертации.

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-исследовательскую работу по решению важной производственной задачи – создание системы автоматического управления технологическим процессом обжига керамзита во вращающейся печи для получения и стабилизации требуемого значения прочности и снижения расхода газа на производство керамзита.

Диссертация Самохвалова О.В. написана в доступной форме, на хорошем техническом языке, позволяющем получить полное и достаточно подробное представление о проведенных исследованиях, выполненных автором.

Автореферат и опубликованные работы отражают все основные положения диссертации. Основные положения и научные результаты диссертации изложены в 26 печатных работах, в том числе 5 в рецензируемых изданиях, определенных ВАК, 4 публикации, индексируемые международными базами данных Web of Science и SCOPUS, автор имеет 1 патент на изобретение. Все основные положения диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, внесенных в Перечень журналов и изданий, утвержденных Высшей аттестационной комиссией. При использовании результатов других авторов в диссертации приводятся все необходимые ссылки на них и источники получения информации.

Диссертационная работа «Автоматизация технологического процесса обжига при производстве керамзита заданной прочности» является законченным и самостоятельным научным исследованием и соответствует указанной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы) и требованиям п.п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением

Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 842, а её автор, Самохвалов Олег Владимирович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа О.В. Самохвалова и отзыв ведущей организации обсуждены на заседании кафедры «Техническая кибернетика».

Присутствовало на заседании 18 чел. Результаты голосования: «за» – 18 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 2 от « 3 » октября 2018 г.

Заведующий кафедрой «Техническая кибернетика»

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный

технологический университет им. В.Г. Шухова»,

заслуженный деятель науки РФ,

доктор технических наук, профессор

спец. 05.13.06

 Рубанов Василий Григорьевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Россия, 308012, Центральный федеральный округ, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Тел.: (4722) 54-20-87; факс (4722) 55-71-39

E-mail: rector@intbel.ru

Сотзывает означенным

Самохвалов О.В.

3.10.2018

