

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Попелло Е.С., Гурьева В.А.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Соблюдение заданного качества бетона на производстве является актуальной проблемой. Это связано с тем, что в одном цикле бетонная смесь готовится в довольно больших объемах, и выход брака даже в одном цикле способствует ощутимым материальным потерям. Поэтому, чтобы избежать потери, необходимо соблюдать заданное качество бетонной смеси на всех этапах технологического процесса. Для выполнения данного условия необходимо следить за процессом непосредственно в ходе приготовления. С этой целью применяются автоматизированные системы (АС) поддержания качества готового бетона. Формовочные свойства бетона или удобоукладываемость являются основным показателем качества. Непостоянство качества составляющих бетонной смеси, влажности заполнителей и погрешность их дозирования являются главными проблемами при выполнении норм удобоукладываемости. Вследствие чего происходит отклонение водоцементного отношения (В/Ц) от нормативов [1-2].

На производстве используются методы контроля реологических свойств бетонной смеси, это делается для решения выше перечисленных проблем [3-5]. Измеряя влагосодержание смеси и сопротивление сдвигу после перемешивания, можно с высокой точностью заявлять о реологических свойствах бетонной смеси, и своевременно управлять подачей остаточного количества воды в смесителе. Также измеряя сопротивление сдвигу, достаточно точно можно определить момент готовности бетонной смеси. Это влечет за собой ускорение процесса приготовления бетона, позволяет повысить эффективность процесса перемешивания и позволяет получать смесь строго заданного качества [6].

Энергоемкость одного цикла приготовления бетонной смеси остается достаточно высокой, даже если полностью устранить брак. В среднем, сжигается порядка 45-65 кг условного топлива, при условии, если брать средний удельный расход тепловой энергии, затрачиваемой на производство 1 м³ железобетона, 1254-1463 тыс. кДж/м³. Данный показатель в 5 раз превышает необходимый теоретический расход тепловой энергии [7]. Цикл перемешивания компонентов бетонной смеси, как показывает практика, является наиболее энергоемкой частью технологического процесса. Электродвигатели переменного тока, которыми оснащаются бетоносмесительные установки, с целью приведения в движение барабан бетоносмесителя, довольно мощные. Объем готового замеса в стационарных бетоносмесителях может достигать 2000 литров и поэтому для привода бетоносмесителей используются такие мощные электромоторы.

Вследствие чего, снижение затрат электроэнергии, потребляемой бетоносмесителями, приведет к заметному удешевлению производства

железобетонных конструкций. Как было замечено ранее, в процессе смешивания бетона можно также регулировать формовочные и прочностные свойства бетонной смеси, то есть контролировать качество бетонной смеси. Таким образом, в цикле бетоносмешивания целесообразно решить сразу две задачи: регулирование качества бетонной смеси и энергосбережение процесса производства.

Исходя из этого предположения, система автоматизации приготовления бетонной смеси должна обеспечить заданное качество бетонной смеси и минимально возможную энергоемкость процесса бетоносмешивания. При этом, обеспечение минимальной энергоемкости не должно сопровождаться ухудшением качества бетонной смеси и увеличением времени ее приготовления. Таким образом, была сформулирована цель данной работы: разработать энергосберегающее устройство, эффективно управляющее технологическим процессом смешивания компонентов бетонной смеси с помощью циклического бетоносмесителя гравитационного или принудительного действия.

Как было отмечено ранее, объектом исследования выбран участок технологического процесса (ТП) изготовления железобетонных изделий, в результате автоматизации которого решаются сразу две важные проблемы [8-10]. Далее рассмотрим особенности работы выделенного участка ТП для того, чтобы определить пути его автоматизации, с учетом предъявляемых требований. Схема поточной линии заводского бетоносмесительного цеха с непрерывным циклом бетоносмешивания показана на рисунке 1. Где: 1 – воронка выдачи бетонной смеси, 2 – бетоносмесители, 3 – сборная воронка, 4 – двухфракционные дозаторы, 5 – расходные бункеры, 6 – фильтр, 7 – указатели уровня, 8 – свободнообрушитель песка, 9 – двухрукавная течка, 10 – циклон, 11 – уловители цемента.

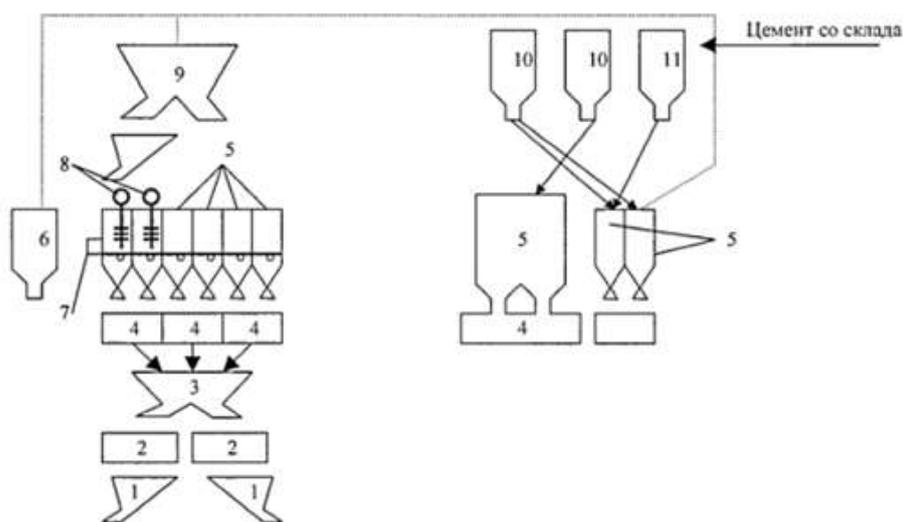


Рис. 1 Компонировка бетоносмесительного цеха

Из анализа технологической линии, видно, что основными модулями, подлежащими автоматизации, являются дозаторы и бетоносмесители.

Дозаторы необходимы для того, чтобы отмерить дозы компонентов бетонной смеси. Управление ими позволяет поддерживать заданные реологические свойства смеси. Для поддержания заданного качества бетона (удобоукладываемости) нужно управлять дозатором остаточного количества воды, так как на реологические свойства смеси влияет водоцементное (В/Ц) отношение [1,2]. Измерение мощности, потребляемой приводом бетоносмесителя, является наиболее простым и хорошо зарекомендованным способом слежения за вязкостью смеси (за сопротивлением сдвигу). Поэтому в качестве информационного параметра, необходимого для слежения за подвижностью смеси, целесообразно выбрать мощность приводящего электродвигателя [8].

Далее анализируем особенности работы автоматизируемой производственной линии с точки зрения сокращения затрат потребляемой энергии. На рисунке 2 показан график нагрузки двигателя бетоносмесителя за несколько рабочих циклов приготовления бетона [4, 11-12].

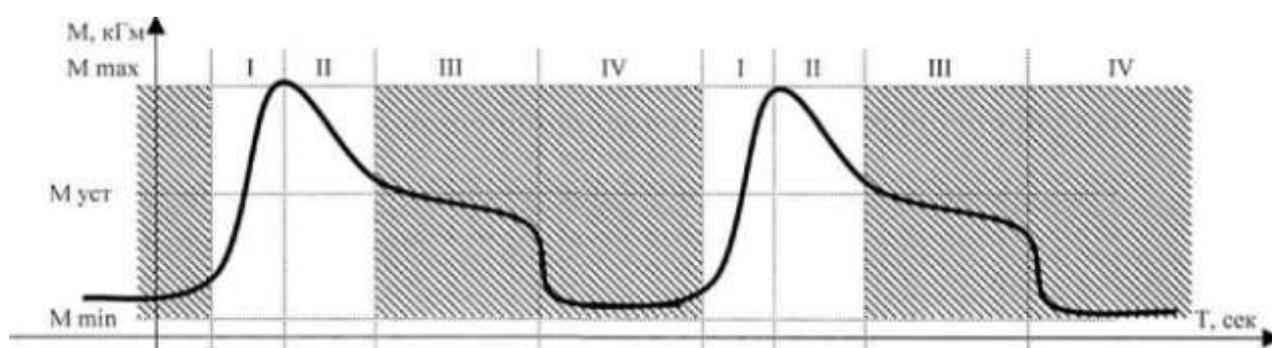


Рис. 2 Временная диаграмма работы бетоносмесителя непрерывного действия

Из рисунка видно, что в каждом цикле приготовления бетонной смеси отслеживаются четыре большие области, в которых момент нагрузки изменяется с определенной закономерностью. Эта закономерность обусловлена динамикой процесса перемешивания и остается постоянной практически для любого набора и отношения компонентов смеси [4]. Меняется продолжительность каждой из четырех зон, и максимальный, минимальный и средний моменты нагрузки АД. Загрузка компонентов смеси происходит в зоне под номером I. В данный момент смесь представляет собой астатические подвижные образования, обладающие индивидуальной плотностью, поэтому средняя плотность смеси еще достаточно велика. Значение момента нагрузки электродвигателя в этой зоне достигает максимального значения. В зоне номер II компоненты бетонной смеси начинают перемешиваться, при этом средняя плотность смеси падает. Момент нагрузки двигателя достаточно резко снижается и достигает установившегося значения. На участке под номером III происходит более тщательное перемешивание компонентов смеси, за счет механического дробления крупнозернистых заполнителей, а также выравнивание вязкости смеси (реологических свойств) за счет долива

остаточного количества воды. На участке IV происходит выгрузка готовой смеси и подготовка смесителя к следующему циклу. Момент нагрузки двигателя здесь приближается к минимальному значению, и двигатель работает в режиме, близком к режиму холостого хода. В течение одного цикла перемешивания максимальные нагрузки на двигатель существуют непродолжительное время, это можно видеть на графике. Двигатель остается либо недогруженным, либо в режиме близком к холостому ходу примерно половину рабочего времени. Из теоретической электромеханики известно, что такие режимы работы асинхронного электродвигателя обладают весьма маленьким КПД. Поэтому их следует по возможности избегать, например, ограничивая время работы АД на холостом ходу, но такой способ, естественно, не приемлем для рассматриваемого технологического процесса. Можно постараться сократить зону номер IV. Для этого, можно производить упреждающее дозирование компонентов, либо можно наладить жесткую синхронизацию выгрузки бетонной смеси с остальными участками приготовления железобетонных изделий, что позволит не откладывать выгрузку приготовленного бетона, однако все перечисленные способы не дают радикального решения проблемы. Для этого, необходимо управлять работой электродвигателя таким образом, чтобы он потреблял из сети ровно столько энергии, сколько ему необходимо для поддержания текущего крутящего момента. Это позволит сократить потребление энергии на протяжении почти половины общего времени работы АД.

Таким образом, можно сделать вывод, что все процедуры управления процессом приготовления бетонной смеси сходятся на приводящем асинхронном электродвигателе. Слежение за электрическими параметрами АД и регулирование его мощности, позволит обеспечить оперативное управление процессом, а также позволит значительно сократить его энергоемкость. Этого можно добиться автоматизацией процесса приготовления бетонной смеси.

Список литературы:

- 1. СП 130.13330.2011. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий/Госстрой СССР.- М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1988. - 45с.*
 - 2. СНиП 82-02-95. Федеральные (типовые) элементные расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций/Госстрой России.- М.:ФГУПЦПП, 1996. - 15с.*
 - 3. Вешнякова Л.А., Фролова М.А., Айзенштадт А.М., Лесовик В.С., Михайлова О.Н., Махова Т.А. Оценка энергетического состояния сырья для получения строительных материалов // Строительные материалы. — 2012. — № 10. — С. 53—55.*
- Бабаев Ш.Т. Комар А.А. «Энергосберегающая технология железобетонных конструкций из высококачественного бетона с химическими добавками», М.: Стройиздат, 1987г. - 240с.*

4. Гайсинский А. В. Автоматизация и энергосбережение процесса смешивания компонентов бетонной смеси : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.13.06 / А.В. Гайсинский ; Моск. автомобил.-дорож. ин-т (гос. техн. ун-т). - Москва, 2003. - 16 с. : ил. - Библиогр.: с. 16. - 100 экз. - № гос. регистрации [03-10430а]
5. Шестоперов С.В. Технология бетона. Учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1977. - 432с.
6. Гордон А.Э., Никулин Л.И. «Автоматизация контроля качества изделий из бетона и железобетона», М.: Стройиздат, 1991г. - 300 с.
7. Гусев Б. В., Минсадров И. Н., Кудрявцева В. Д. [и др.]. Малоэнергетические технологии производства изделий из мелкозернистого бетона // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов: материалы V междунар. конф. ВолгГАСУ. 23-24 апреля. Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. С. 13-19.
8. Лопухина Н.М., Семенчуков Г.А. «Автоматизированное проектирование электрических машин малой мощности», Учебное пособие – М.: Высш. школа, 2002. – 511 с.
9. Герман О.В., Герман Ю.О. Искусственный интеллект: Методическое пособие. – Минск : БНТУ, 2013. – 126 с.
10. Буров Ю.С. Технология строительных материалов и изделий. - М.: Высшая школа, 1971. - 265с.
11. Гмурман В.С. Теория вероятности и математическая статистика. - М.:СтандартГИЗ, 1960.- 425с.
12. «Математическое моделирование электрических машин», учебник для вузов, - М.: Высшая Школа, 1987 - 248 с.

