**Предварительный электроразогрев бетонной смеси как инструмент повышения энергоэффективности производства ЖБИ**

М.И. Батюк1, А.И. Гныря2, В.Я. Ушаков1, С.В. Коробков2

*1Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*

*2Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная,2*

Тепловая обработка железобетонных изделий (ЖБИ), применяемая для ускорения набора прочности бетона, является неотъемлемым и ответственным технологическим этапом, особенно при работе в условиях со строгими временными ограничениями. На сегодняшний день известно большое количество способов тепловой обработки ЖБИ, основанных на использовании различных видов энергоресурсов и способов подвода тепла. Наиболее распространённым из них является тепловлажностная обработка паром. Объясняется это тем, что вследствие высокого коэффициента отдачи тепла насыщенного пара изделиям ускоряется их прогрев и обеспечивается интенсивное твердение бетона. При прогреве в среде с влажностью близкой к 100% исключается испарение влаги из бетона и его высушивание. Также следует отметить, что данная технология проста и универсальна. Однако в аспекте энергоэффективности она является несовершенной, что мотивирует производителей ЖБИ искать более экономичные решения. Одним из них является способ тепловой обработки в среде продуктов сгорания газа. Данный способ значительно удешевляет технологический процесс за счёт непосредственной генерации теплоносителя перед камерой тепловой обработки, однако не обладает перечисленными выше преимуществами пара и не обеспечивает требуемого качества конечного продукта.

В качестве альтернативного варианта, способствующего повышению энергоэффективности и обеспечению благоприятных условий твердения, может быть применён предварительный электроразогрев бетонной смеси (ПЭРБС), получивший применение в монолитном строительстве при производстве бетонных работ в зимних условиях. Суть метода заключается в интенсивном введении тепла в смесь до её уплотнения. Смесь разогревается до температуры 70–90 °С за 10–15 мин, укладывается и уплотняется. Применение ПЭРБС позволяет укладывать бетон на мерзлое основание и транспортировать бетонную смесь на дальние расстояния. Введённое в бетонную смесь тепло способствует интенсификации экзотермии цемента и других физико-химических процессов, благодаря чему в конструкции длительное время поддерживается положительная температура. Именно данный эффект обусловливает целесообразность применения ПЭРБС в заводских технологиях. Объясняется это тем, что технология производства ЖБИ в заводских условиях, как правило, предусматривает положительную температуру в производственном помещении, а также возможность обеспечить более качественную влаго- и теплоизоляцию изделий, как индивидуально, так и с помощью специальных ограждений или камер. Использование всех этих преимуществ дает возможность существенно повысить энергоэффективность технологического процесса, что было подтверждено авторами доклада при апробации ПЭРБС в подобных (заводских) условиях. После укладывания смеси, её уплотнения и изоляции изделия наблюдается незначительное остывание бетона (вследствие теплообмена между жидкой фазой и менее горячим крупным заполнителем), затем температура вновь поднимается до максимальной (иногда даже выше), затем происходит очень медленное остывание, сопоставимое с изотермическим прогревом при традиционных методах. Например, бетон класса В27,5 , разогретый до температуры 70⁰С, после незначительного понижения температуры и повторного достижения пика, остывал со скоростью не более 1,5 ⁰С/ час. Этого более чем достаточно для воспроизведения графика тепловой обработки, схожего с традиционным. При этом затраты энергии на разогрев смеси составили 155 МДж/м3, что гораздо ниже традиционных показателей удельного расхода на тепловую обработку ЖБИ (450 МДж/м3 и более ).

Применение ПЭРБС предусматривает работу термического оборудования только на стадии разогрева, практически исключая необходимость использования дополнительного оборудования (вентиляторы, насосы, КИПиА и пр.) на последующих стадиях, что также ведёт к снижению дополнительных эксплуатационных издержек.