

Реализация плана эксперимента позволит определить влияние соотношения основных компонентов ККК на физико-механические свойства образцов бумаги, такие как впитываемость при одностороннем смачивании, влагопрочность, разрывная длина, разрушающее усилие в сухом и влажном состояниях, а также сформулировать и решить задачу оптимизации с определением оптимального состава ККК.

### **Список использованных источников**

1. Липницкий, П.А. Разработка состава клеевой канифольной эмульсии для гидрофобизации бумаги и картона в нейтральной среде / П.А. Липницкий, Я.В. Боркина, В.Л. Флейшер // 70-я научно-техническая конф. учащихся, студентов и магистрантов: сб. науч. работ, Минск, 15–20 апреля 2019 г.: в 4 ч. / БГТУ; редкол.: С. И. Шпак [и др.]. – Минск, 2019. – Ч. 2. – С. 22–25.

УДК 620.22-419:678.01:621.89

**М.И. Кузьменков, К.А. Логвина, Д.М. Кузьменков, Н.М. Шалухо**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАКА ОАО «БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА**

Одним из важнейших направлений, стоящей перед цементной промышленностью в мире, является минимизация содержания клинкера в цементах, а также максимальное вовлечение техногенных продуктов в его производство. Таким техногенным продуктом является электросталеплавильный шлак – отход, образующийся на ОАО «Белорусский металлургический завод». Если доменные шлаки широко и успешно используются в различных технологиях, то электросталеплавильные из-за существенной разницы в их фазовом составе в настоящее время имеют ограниченное применение. Однако в последнее время доменные шлаки перешли в разряд дефицитных. Вовлечение в промышленную переработку электросталеплавильного шлака, являющегося отходом на ОАО «Белорусский металлургический завод» является актуальной задачей, поскольку в отвалах уже накопилось 4,5 млн. тонн, причем ежегодное накопление этого шлака пополняется 700 тыс. тоннами.

Принимая во внимание, что сталелитейные шлаки на разных заводах имеют различный фазовый состав, это диктует необходимость

проведения системного исследования по изучению характера твердофазового взаимодействия в процессе его обжига при получении цементного клинкера. Поскольку в составе электросталеплавильного шлака присутствуют оксиды, способные образовывать легкоплавкие эвтектики, есть основания полагать, что это будет способствовать образованию клинкерного расплава при более низких температурах, что в свою очередь интенсифицирует процессы, протекающие в системах «твердое-жидкость» и снизит расход тепловой энергии на этот процесс.

Сведения об использовании электросталеплавильного шлака ОАО «Белорусский металлургический завод» в качестве железосодержащего компонента цементной сырьевой смеси в литературе отсутствуют, что явилось побудительной мотивацией для проведения поисковых исследований в этом направлении.

Исследования проводили с использованием сырьевой муки ОАО «Белорусский цементный завод» и электросталеплавильного шлака ОАО «Белорусский металлургический завод».

Проведенные поисковые исследования показали экономическую целесообразность использования электросталеплавильного шлака в качестве железосодержащего компонента вместо импортируемой железной руды при производстве цементного клинкера [1].

Экономический эффект от использования электросталеплавильного шлака вместо железной руды будет достигнут за счет его меньшей стоимости и частичной замены карбоната кальция, входящего в состав сырьевой смеси.

При полной замене необходимого количества  $Fe_2O_3$  в составе сырьевой муки, для введения оксида железа в сырьевую смесь с электросталеплавильным шлаком, содержащем  $Fe_2O_3$  в среднем 19 %, требуется около 9% шлака от массы сырьевой смеси, что составит около 0,126 тонны шлака для производства 1 т клинкера. Самой энергозатратной стадией при обжиге цементного клинкера является разложение карбоната кальция, на что затрачивается 96% расходуемой тепловой энергии. Наличие в составе шлака оксида кальция позволит снизить дозировку в муке мела, на разложение которого до оксида кальция в печи затрачивается до 96% тепловой энергии. Кроме того, за счет образования более легкоплавких эвтектик процесс клинкерообразования активизируется, что позволяет снизить температуру обжига клинкера на  $50^{\circ}C$ , что явится дополнительной статьей экономии топливно-энергетических ресурсов.

Согласно проведенным экономическим расчетам по замене используемой в качестве железистого компонента железной руды по цене 20-25 у.е. за тонну на электросталеплавильный шлак (стоимость

1 т менее 1 у.е.), при выпуске одного миллиона тонн клинкера экономический эффект составит около 0,5 млн у.е.

Проведенные в 2016 г. на двух цементных предприятиях, входящих в Белорусскую цементную компанию, испытания в вышеуказанном направлении в целом дали положительный результат. В то же время был выявлен ряд задач, для решения которых требуется проведение дополнительных научных исследований.

Реализация данного технического решения на цементных заводах Республики Беларусь позволит предотвратить дальнейшее накопление шлака в Жлобинском районе, а также снизить выброс в атмосферу парникового газа, что в совокупности обеспечит также еще и значительный экологический эффект.

### **Список использованных источников**

Использование электросталеплавильного шлака для производства цементного клинкера / М. И. Кузьменков [и др.] // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития : материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию научно-педагогической деятельности профессора Н.М. Бобковой, Минск, 25–27 октября 2017 г. – Минск : БГТУ, 2017. – С. 123–126.

УДК: 631.31:004.94

**М.Н. Лысыч**

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МАССОВО-ИНЕРЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО МТА НА БАЗЕ ТРАКТОРА БЕЛАРУС-82.1**

Использование средств трехмерного твердотельного моделирования позволяет эффективно исследовать массо-инерционные характеристики МТА. Это особенно актуально при проектировании новых орудий и проработке возможных схем их агрегатирования с базовым трактором [2-4]. Так, например, агрегаты применяемые в лесном хозяйстве с одной стороны, должны обладать повышенной устойчивостью к опрокидыванию, а с другой, из-за малой ширины захвата требуют многорядного расположения рабочих органов для загрузки трактора и