

2. Ажикина, Н. В. Стекломагнезит – новый облицовочный материал / Н. В. Ажикина // Энергостроительный журнал. – 2010. – № 1. – С. 32–37.

3. Марчик, Е. В. Твердение магнезиального цемента на основе каустического доломита / Е. В. Марчик // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. – 2010. – № 3. – С. 9–12.

STEKLODOLOMITE SHEETS – FUTURE BUILDING MATERIALS.

The article contains results of researches at producing glass dolomitic sheets on the basis of the glass dolomite received from dolomite of a deposit of «Ruba», with use of fillers of an organic mineral origin. Influence of quantity of each component of the core glass dolomitic sheet on its density and durability is studied. As a result, the optimal composition of the core glass dolomitic sheet is designed and its basic physical and mechanical properties are studied.

УДК 666.972

М. И. КУЗЬМЕНКОВ¹, М. С. БИБИК, В. В. БАБИЦКИЙ²,
Н. М. ШАЛУХО¹, И. И. ТУЛУПОВ

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

¹УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, kuzmenkov.bgtu@mail.ru,

²УО «Белорусский национальный технический университет»,
Беларусь, vvbabitski@mail.ru

Рассматривается комплексная ресурсосберегающая технология производства сборных бетонных и железобетонных изделий, включающая применение крупного заполнителя из продуктов дробления бетонного лома с использованием отходов химического производства. Исследуются эффекты ускорителя твердения бетона и ингибитора коррозии стали, а также тепловая реабилитация тепловых агрегатов и компьютерное моделирование тепловой обработки бетона и железобетона.

Вопросы ресурсосбережения на предприятиях сборного железобетона всегда были в центре внимания специалистов различного профиля. Несомненно, актуальность проблемы будет возрастать в связи с нарастающим дефицитом и увеличением стоимости компонентов бетонных смесей, а также теплоносителей. Рассмотрим основные направления ресурсосбережения применительно к рядовому предприятию по производству сборного железобетона.

В связи со значительным ростом объемов строительства в строительной отрасли все острее проявляется дефицит первичных ресурсов и, в частности, природных заполнителей бетона. В то же время приобретает особую актуальность, как в нашей стране, так и за рубежом, проблема утилизации и применения в строительстве отходов бетона и железобетона. На строительных площадках, заводах ЖБИ и КПД, на свалках накопились и продолжают на-

капливаться бракованные, неиспользованные, оставшиеся после проведения контрольных испытаний железобетонные плиты, панели, балки, опоры ЛЭП, шпалы и т. п. Объемы этих отходов возрастают также за счет увеличения количества старых претерпевших моральный и физический износ зданий и сооружений из бетона и железобетона, подлежащих сносу. К примеру, только в Москве и Московской области объемы строительного лома, подлежащего переработке, превысили 15 000 000 м³. Очевидно, что переработка и применение данных отходов обеспечила бы как получение значительных объемов дефицитных строительных материалов для повторного применения в строительных композициях (заполнителей, тонкодисперсных минеральных добавок, металла для частичного использования и т. п.), стоимость которых намного ниже стоимости природных материалов, так и дополнительный экономический эффект от сдачи неиспользованного металла на вторичную переработку. Одновременно решение данной проблемы способствует решению другой важной задачи – экологической безопасности окружающей среды.

Вопросам утилизации отходов бетона и некондиционного железобетона, а также применения продуктов их переработки (рециклирования) в качестве вторичных строительных материалов с целью экономии природных (первичных) ресурсов уделяется серьезное внимание в странах дальнего и ближнего зарубежья.

Например, в Германии основная часть бетонного лома после дробления и отсева на щебень и песок используется в качестве крупного и мелкого заполнителей в бетонах и строительных растворах, а часть песчаной фракции, полученной из дробленых бетонных отходов, подвергается помолу. Полученный тонкодисперсный продукт применяется и в составе сырьевой смеси при производстве цемента. В Великобритании полученные из бетонных отходов щебень и песок используют в качестве заполнителей в бетонах, а тонкодисперсный продукт помола песка применяют либо как часть смешанного вяжущего в качестве затравок для его кристаллизации, либо как самостоятельное вяжущее для низкомарочных бетонов и строительных растворов.

В Республике Беларусь работы в указанном направлении проводятся на ОАО «Завод СЖБ № 1». На предприятии была внедрена безотходная технология и введен в эксплуатацию участок по переработке технологических отходов бетонной смеси и некондиционных бетонных и железобетонных изделий и конструкций на щебеночно-песчаную смесь с использованием специально созданного комплекса в составе щековой дробилки СМ-11 и ударной установки УК-01 производительностью 50 м³ в смену. Полученные в результате переработки щебеночно-песчаные смеси реализуются заказчикам в качестве материала для устройства временных дорог и подъездных путей, а также в качестве подсыпок под основания и фундаменты малоэтажных зданий и сооружений. Стальная арматура также успешно утилизируется.

Проводятся исследования возможности замены дефицитного гранитного щебня фракционированными отходами дробления бетонного лома (табл. 1).

Таблица 1. Влияние содержания крупного заполнителя из отходов дробления бетонного лома на прочностные характеристики бетона

№ серии	1	2	3	4	5	6	7	8
Расход цемента, кг/м ³	409	408	400	400	336	322	320	320
Расход щебня из дробленого бетонного лома в % от содержания гранитного щебня	0	20	50	100	0	20	50	100
В/Ц	0,46	0,46	0,48	0,46	0,57	0,55	0,58	0,60
Прочность бетона на сжатие (числитель в МПа, знаменатель в % от прочности бетона на гранитном щебне):								
– после тепловой обработки	<u>15.0</u> 100	<u>14.7</u> 98,0	<u>12.8</u> 85,3	<u>10.9</u> 72,7	<u>11.9</u> 100	<u>11.0</u> 92,4	<u>8.6</u> 72,3	<u>7.0</u> 58,8
– после тепловой обработки через 7 сут	<u>26.3</u> 100	<u>26.2</u> 99,6	<u>24.0</u> 91,3	<u>22.1</u> 84,0	<u>19.0</u> 100	<u>17.5</u> 92,1	<u>14.8</u> 77,9	<u>13.3</u> 70,0
– после тепловой обработки через 28 сут	<u>34.4</u> 100	<u>34.2</u> 99,4	<u>32.5</u> 94,5	<u>31.0</u> 90,1	<u>25.4</u> 100	<u>24.3</u> 95,7	<u>21.9</u> 86,2	<u>19.9</u> 78,3

Здесь и далее для приготовления бетонных образцов использовался цемент производства ОАО «Красносельскстройматериалы» марки ПЦ 500–ДО. В сериях 2–4 использовался щебень из бетонного лома фракции 5–20 мм, в сериях 6–8 – тех же фракций, но без отсева частиц размером менее 5 мм. В качестве мелкого заполнителя был использован природный кварцевый песок. Марка бетонной смеси по удобоукладываемости – П2. Режим тепловлажностной обработки: 2 + 3 + 6 + 2 при температуре изотермической выдержки 80 °С с последующим твердением образцов в нормальных условиях.

Приведенные результаты достаточно убедительно свидетельствуют о возможной полной замене гранитного щебня фракционированным продуктом дробления бетонного лома даже для бетона класса по прочности на сжатие С20/25 (серии 1–4). Эти данные подтверждаются также испытанием бетона на морозостойкость и водонепроницаемость. Вместе с тем, наличие в продукте частиц размером менее 5 мм повышает водопотребность и, соответственно, водоцементное отношение бетонной смеси, что ограничивает применение такого щебня даже в сравнительно низкопрочных бетонах (серии 5–8).

Второе направление снижения расхода энергии на заводах сборного железобетона – это, без сомнения, совершенствование тепловлажностной обработки изделий. Удельный расход тепловой энергии на производство 1 м³ железобетона в заводских условиях составляет 1251–1463 тыс. кДж, что соответствует 400–600 кг пара или 45–65 кг условного топлива, а общезаводская энергоемкость на заводах железобетонных изделий при этом достигает 1700–3000 кДж/м³. Таким образом, полезный расход тепла в производстве сборного железобетона не превышает в настоящее время 18%. Основным типом тепловых агрегатов явля-

ются различного рода ямные пропарочные камеры, на долю которых приходится более 75% годового выпуска сборного железобетона (коэффициент полезного действия использования энергии в них составляет 12–15%).

Одним из наиболее эффективных и сравнительно недорогих направлений сокращения расхода тепловой энергии в процессе тепловлажностной обработки бетона и сокращения расхода цемента является применение химических добавок-ускорителей твердения бетона – электролитов, суперпластификаторов и комплексных добавок на их основе. В качестве химической добавки использовали отход производства полиамидного волокна на ОАО «Химволокно» (г. Гродно). Продукт представляет собой обезвоженную сеть нитрита и карбоната натрия в соотношении 70:30 и содержит до 1% механических примесей (условное название ОХП – отход химического производства). Вещественный состав добавки позволяет предположить ее многофункциональность – она может быть использована как ингибитор коррозии стальной арматуры, так и ускоритель твердения бетона.

Для выявления ингибирующего эффекта был использован электрохимический метод снятия анодных поляризационных кривых. Возможный ингибирующий эффект оценивался по поляризационным кривым стальной арматуры в бетоне с какой-либо активной по отношению к стали химической добавкой и в бетоне с параллельным введением исследуемой добавки. Опыты проводили на бетоне с расходом цемента 300 кг/м^3 с долей песка в смеси заполнителей (мытых), равной 0,4. Марка бетонной смеси по удобоукладываемости – П1. Методика испытаний соответствовала требованиям СТБ 1168-99 «Метод контроля коррозионного состояния стальной арматуры в бетоне и защитных свойств бетона». В качестве добавки, агрессивной по отношению к стали, был выбран хлорид кальция (ХК). На рис. 1 представлены некоторые результаты

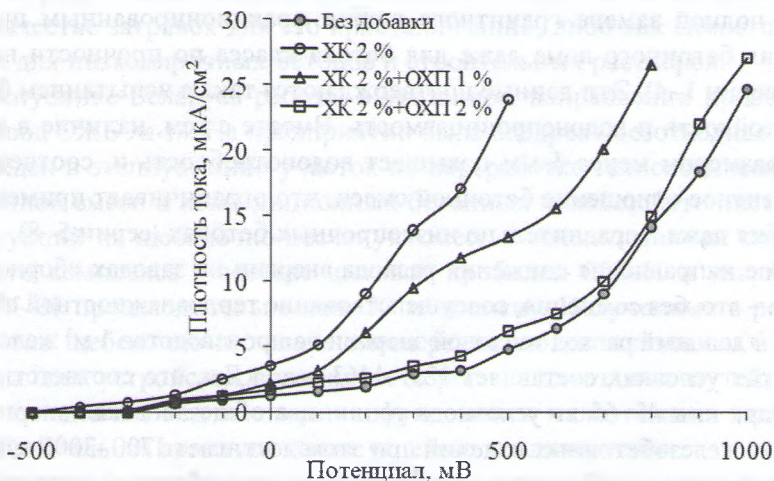


Рис. 1. Анодные поляризационные кривые стальной арматуры в бетоне

из проведенных (после 20 циклов насыщения в воде и высушивания) исследований, достаточно ярко характеризующих ингибирующий эффект. Стальная арматура в бетоне без химических добавок находится в устойчивом пассивном состоянии – плотность тока при потенциале + 300 мВ составляет около 2,5 мкА/см². Добавка хлорида кальция в количестве 2% от массы цемента переводит сталь в неустойчивое пассивное состояние, при котором возможна ее коррозия. Введение же дополнительно к хлориду кальция добавки ОХП в количестве 1, а тем более 2% обеспечивает устойчивое пассивное состояние стальной арматуры. На поверхности арматурных стержней после разрушения образцов (по окончании исследований) с добавкой ХК имелись ржавые пятна, а при отсутствии добавок или в бетоне с добавками ХК и ОХП следы коррозионного поражения стали отсутствовали.

Если рассчитать критическую, вызывающую активацию стали, концентрацию хлор-ионов в бетоне с добавкой ОХП, то оказывается, что она примерно в 2,0–2,5 раза выше, чем в бетоне без добавки, т. е. составляет 0,8–1,0% от массы цемента. Можно сопоставить эффективность добавки ОХП с ингибирующим эффектом других используемых в технологии бетона добавок. Так, критическая концентрация хлор-ионов в бетоне с добавкой нитрита натрия (НН) составляет до 1%, НН + пластификатор СДБ – 1,2%, НН + тетраборат натрия – 1,4%, а НН + хромат калия – до 1% от массы цемента. Таким образом, добавка ОХП вполне сопоставима по ингибирующему эффекту с другими известными ингибиторами коррозии стали.

Для оценки добавки ОХП как ускорителя твердения были проведены исследования, в которых варьировали расход цемента в пределах от 250 до 450 кг/м³, содержание добавки в количестве 0,75 и 1,50% от массы цемента. Марка бетонной смеси по удобоукладываемости была принята на трех уровнях: П1, П2 и П3. Сравнивалась прочность на сжатие стандартных кубов с ребром 100 мм с добавкой и без добавки в возрасте 1, 2, 3, 7 и 28 сут твердения в нормальных условиях.

Сопоставим эффективность добавки ОХП с эффективностью иных ускорителей твердения бетона посредством дополнения данных, приведенных в П1-99 к СНиП 3.09.01-85 (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительная эффективность добавок ускорителей твердения бетона (прочность бетона без добавок принята за 1)

Вид добавки	Увеличение прочности бетона с добавками-ускорителями твердения, раз		
	1 сут	3 сут	28 сут
Хлорид кальция	1,5–2,0	1,5–1,9	1,10–1,20
Сульфат натрия	1,3–1,6	1,2–1,6	1,05–1,10
Нитрит-нитрат-хлорид кальция	1,3–1,6	1,2–1,5	1,10–1,20
Нитрит-нитрат кальция	1,2–1,4	1,2–1,4	1,05–1,10
Полиметаллический водный концентрат	1,4–1,8	1,2–1,4	1,05–1,10
ОХП	1,4–2,1	1,1–1,5	0,93–1,13

Согласно полученным данным, добавка ОХП весьма эффективна в ранние сроки твердения, что позволяет рекомендовать ее и для использования с целью снижения расхода теплоносителя при тепловлажностной обработке бетонных и железобетонных изделий в ямных пропарочных камерах.

На ОАО «Завод СЖБ № 1» г. Минска разработаны технические решения, направленные на тепловую реабилитацию и модернизацию существующих ямных пропарочных камер с использованием местных эффективных теплоизоляционных материалов, в том числе вторичного бетона. Это создает предпосылки для внедрения на заводе энергосберегающих режимов тепловлажностной обработки бетона с полным (или частичным) отказом от стадии изотермической выдержки либо снижением температуры его разогрева.

В настоящее время на заводах по производству сборного железобетона проектирование составов бетона, а тем более режимов тепловой обработки изделий – весьма длительный и трудоемкий процесс, требующий развитой (по причине отсутствия необходимой информации) интуиции инженерно-технических работников заводской лаборатории и большого объема экспериментальной работы. В связи с этим разработан метод комплексного многофакторного проектирования как состава бетона, так и энергосберегающих режимов тепловлажностной обработки бетонных и железобетонных изделий, на основе которого получена компьютерная модель рис. 2.

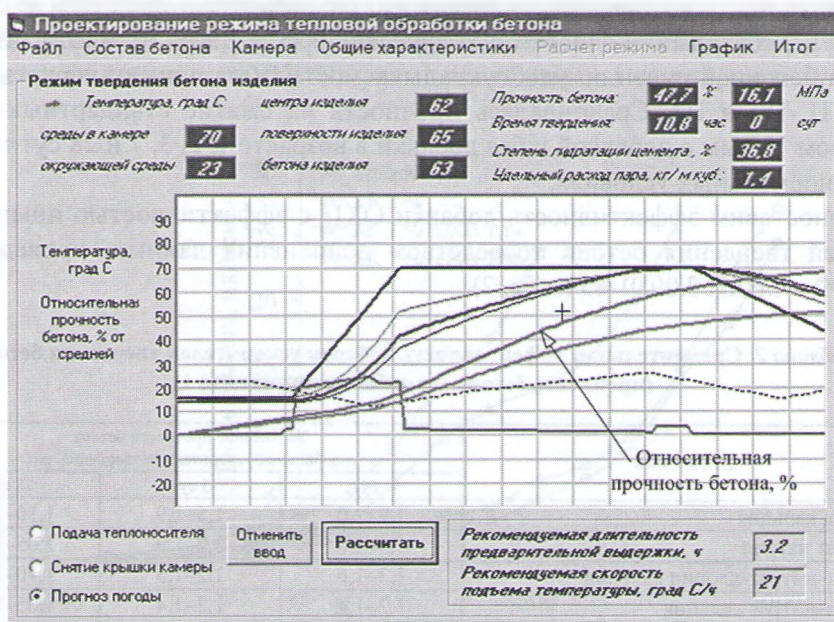


Рис. 2. Окно расчета режима тепловлажностной обработки бетона

Инженер-технолог проектирует состав бетона с минимальной суммарной стоимостью компонентов бетонной смеси. Затем определяет характеристики теплового агрегата (габариты, конструкцию стенок, крышки, днища и пр.), технологические особенности пропариваемого изделия (размеры, количество, объем бетона и пр.). Далее оператор вводит температуру и продолжительность периода изотермического прогрева и время открытия крышки камеры. В результате расчетов инженер-технолог в графической форме получает следующую информацию об изменениях во времени, необходимых для последующего анализа характеристик: температура внешней среды; температура среды в пропарочной камере; температура поверхности изделия; температура центра изделия; усредненная температура бетона; степень гидратации цемента; относительная прочность бетона; удельный расход теплоносителя.

Если спроектированный режим тепловлажностной обработки бетона не удовлетворяет инженера-технолога, например по стоимости или продолжительности, то перед ним открываются достаточно широкие возможности для его оперативной корректировки.

В настоящее время указанные разработки внедряются на ОАО «Завод СЖБ № 1» г. Минска.

RESOURCE-SAVING PRODUCTION TECHNOLOGY OF FERROCONCRETE PRODUCTS

At Open Society factory «Factory SZHB № 1» is improved complex resource-saving the production technology of modular concrete and ferro-concrete products including application of a large filler from products of crushing of a concrete breakage; use of an additive, a withdrawal of chemical manufacture, with effects of the accelerator of endurance of concrete and inhibiting steel corrosion; thermal rehabilitation of thermal units and computer modelling of thermal processing of concrete and ferro-concrete.

УДК 666.646

Ю. Г. ПАВЛЮКЕВИЧ, С. К. МАЧУЧКО

ПУТИ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГЛАЗУРНОГО ПОКРЫТИЯ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛИТОК ОДНОКРАТНОГО ОБЖИГА

*УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, keramika@bstu.unibel.by*

Работа посвящена исследованиям в области получения облицовочных плиток однократным обжигом. Установлено, что для повышения качества глазурного покрытия необходимо, чтобы процессы дегазации, происходящие в керамической массе, завершились до периода интенсивного плавления глазури. Для интенсификации процесса дегазации керамических масс в их шихтовой состав предлагается вводить минерализаторы. Химический состав глазури должен обеспечивать формирование бездефектного покрытия в интервале температур 1050–1100 °С.