



ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА НАНЕСЕННЯ НЕОРГАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ АЛЮМОСИЛІКАТНОГО СКЛАДУ, ЩО СПУЧУЮТЬСЯ

П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, С.Г. Гузій, М.В. Суханевич, А.І. Борисова

*Державний науково-дослідний інститут в'язучих матеріалів ім. В.Д. Глуховського, пр.
Повітрянофлотський, 31, 03037, м.Київ, Україна.*

e-mail: sribm@mail.ru

Отримана 30 травня 2009; прийнята 3 жовтня 2009.

Анотація. У даній роботі наведені результати впливу технологічних факторів на властивості неорганічних покриттів, що спучуються. Показано, що на металеву підставку найбільш раціональним є пошарове нанесення вогнестійкої композиції, що спучується, методом напилення зі ступенем наповнення від 5 до 35%, яку отримано на основі лужних алюмосилікатних зв'язуючих речовин виду $(1,09-1,7)\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot(6,64-8,42)\text{SiO}_2\cdot(22,16-35,76)\text{H}_2\text{O}$ і $(1,56-2,48)\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot(7,6-10,19)\text{SiO}_2\cdot(23,27-43,06)\text{H}_2\text{O}$. При використанні такого методу нанесення прогрів металу не перевищує $200-250^\circ\text{C}$ при товщині покриття від 2 до 4 мм. Уведення в склад вогнезахисної алюмосилікатної композиції, що спучується, карбонату кальцію, який при температурах $800-830^\circ\text{C}$ дисоціює з виділенням CO_2 , та збільшення долі заповнювача сприяло збільшенню часу опору вогню до 54 хв. Для досягнення межі вогнестійкості до 60 хв. неорганічних покриттів алюмосилікатного складу, що спучуються, необхідно йти шляхом модифікації алюмосилікатного зв'язуючого та використовувати вище відмічений спосіб нанесення покриттів.

Ключові слова: вогнезахисні лужні алюмосилікатні композиції, що спучуються, заповнювач алюмосилікатного складу, коефіцієнт спучування, температура нагріву металеві підставки, стандартна крива розповсюдження пожежі.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И НАНЕСЕНИЯ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СОСТАВА

П.В. Кривенко, Е.К. Пушкарёва, С.Г. Гузий, М.В. Суханевич, А.И. Борисова

*Государственный научно-исследовательский институт вяжущих материалов им. В.Д. Глуховского, пр.
Воздухофлотский, 31, 03037, г. Киев, Украина.*

e-mail: sribm@mail.ru

Получена 30 мая 2008; принята 3 сентября 2008.

Аннотация. В данной работе приведены результаты влияния технологических факторов на свойства вспучивающихся неорганических покрытий алюмосиликатного состава. Показано, что на металлическую подложку наиболее рационально осуществлять послойное нанесение огнестойкой вспучивающейся композиции со степенью наполнения от 5 до 35% от массы связующего, полученного на основе щелочного алюмосиликатного связующего вида $(1,09-1,7)\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot(6,64-8,42)\text{SiO}_2\cdot(22,16-35,76)\text{H}_2\text{O}$ и $(1,56-2,48)\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot(7,6-10,19)\text{SiO}_2\cdot(23,27-43,06)\text{H}_2\text{O}$ методом напиления. При использовании такого метода нанесения програв металла не превышает $200-250^\circ\text{C}$ при толщине покрытия от 2 до 4 мм. Введение в состав вспучивающейся огнезащитной алюмосиликатной композиции карбоната кальция, который разлагается при температуре $800-830^\circ\text{C}$ и выделяет CO_2 , и увеличение доли наполнителя способствовало увеличению времени сопротивления пламени до 54 мин. Для достижения предела огнестойкости до 60 мин вспучиваю-

щихся неорганических покрытий алюмосиликатного состава необходимо идти по пути модификации алюмосиликатной связки и использовать выше отмеченный способ нанесения покрытий.

Ключевые слова: огнезащитные вспучивающиеся щелочные алюмосиликатные композиции, наполнитель алюмосиликатного состава, коэффициент вспучивания, температура нагрева металлической подложки, стандартная кривая распространения пожара.

TECHNOLOGY FEATURES OF MANUFACTURING AND INORGANIC BLOATING COVERINGS OF ALUMINUM SILICA COMPOSITION

P.V. Krivenko, E.K. Pushkareva, S.G. Guziy, M.V. Sukhanevich, A.I. Borisova

V.D. Glukhosky.

The State Scientific Research Institute of Astringents Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, pr. Povitryanoflotsky, 31, 03037, z. Kiev, Ukraine

e-mail: sribm@mail.ru

Received 30 May 2008; accepted 3 September 2008.

Abstract. In the given work there are given the results of technological factors influence on the properties of bloating inorganic coverings of aluminum silica composition. It has been shown, that most rationally to realize the layering putting the fire-resistant bloating compositions with filling degree from 5 up to 35 % from the binding mass, received on the basis of alkaline silica-aluminum binding kind $(1,09-1,7) \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (6,64-8,42) \cdot \text{SiO}_2 \cdot (22,16-35,76) \cdot \text{H}_2\text{O}$ and $(1,56-2,48) \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (7,6-10,19) \cdot \text{SiO}_2 \cdot (23,27-43,06) \cdot \text{H}_2\text{O}$ by the filling the air method. While such a method using of covering the metal warning does not exceed $200-250^\circ\text{C}$ with the covering thickness from 2 up to 4 mm. The introduction the bloating fireproof silica-aluminum compositions into the calcium carbonate which is dissolved at the temperature $800-830^\circ\text{C}$ and educes CO_2 , and increases the share of the filler stimulated the enhancing the resistant time of the flame up to 54 minutes. To achieve the fire resistance up limit to 60 of the bloating inorganic coverings of silica-aluminum composition it is necessary to use the way of silica-aluminum binding a modification and to apply above marked way of covering putting.

Key words: fireproof bloating alkaline silica-aluminum compositions, filler silica-aluminum composition, bloating factor, temperature of heating of a metal substrate, standard curve of distribution of a fire.

Введение

Известно, что металлические конструкции (из стали, чугуна и алюминиевых сплавов) наиболее уязвимы во время пожара. Они плохо переносят действие огня и высоких температур и, быстро нагреваясь, снижают свои прочностные и несущие свойства. В частности, фактический предел огнестойкости стальных конструкций составляет от 6 до 24 минут, в то время как минимальные значения требуемых пределов огнестойкости основных строительных конструкций составляют от 15 до 120 минут.

Поэтому необходимо, чтобы при пожаре время достижения критической температуры было как можно более длительным. Эта задача решается, главным образом, путем создания на поверхности металлических деталей теплоизолирующих экранов. Они выдерживают высокие температуры и непосред-

ственное воздействие огня и потому позволяют конструкции сохранять свои функции при пожаре в течение заданного периода времени. Возможны как традиционные методы достижения этой цели (бетонирование, покрытие цементно-песчаными растворами, использование кирпичной кладки), так и более современные (применение теплоизоляционных штукатурок на основе асбеста, вспученного перлита, вермикулита, минерального волокна и т. д.). Использование этих методов и подходов позволяет обеспечить предел огнестойкости стальных конструкций в диапазоне 0,75-3 ч. Также достаточно эффективно нанесение на поверхность металла специальных красок и покрытий, действие которых основано на вспучивании композиций при температуре $170-200^\circ\text{C}$ и образовании пористого теплоизолирующего

слоя, толщина которого составляет несколько сантиметров. Применение этих материалов позволяет увеличить предел огнестойкости стальных конструкций до 0,75-1 ч.

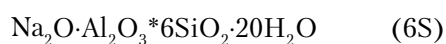
Проведя сравнительный анализ выше перечисленных подходов и основываясь на исследованиях, осуществленных на испытательных установках, можно отметить, что выше отмеченные средства защиты (краски и покрытия) обладают хорошими декоративными качествами и эффективно вспучиваются при термическом воздействии. Однако образующийся при вспенивании легкий пористый слой имеет невысокую механическую прочность и легко разрушается динамическими газовыми потоками, возникающими в условиях реального пожара, что, безусловно, снижает огнезащитную эффективность этих составов.

Учитывая выше изложенное, в Государственном научно-исследовательском институте вяжущих веществ и материалов Киевского национального университета строительства и архитектуры разработаны неорганические вспучивающие материалы на основе щелочных алюмосиликатных систем $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ [1-5], процесс вспучивания которых происходит за счет выделения химически связанной и цеолитной воды из состава продуктов твердения, представленных цеолитоподобными новообразованиями типа гейландита. При этом такие покрытия не уступают по основным техническим показателям и огнезащитной способности известным аналогам на органической основе.

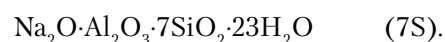
Целью данной работы является исследование влияния технологии нанесения на свойства вспучивающихся неорганических покрытий алюмосиликатного состава.

Материалы и методы исследований

Для получения вспучивающихся покрытий, в качестве базовых связующих веществ алюмосиликатного состава, выбраны щелочные алюмосиликатные связующие, в которых существенный состав реакционных смесей рассчитывали таким образом, чтобы готовые суспензии отвечали формулам



и



В качестве наполнителя использовали карбонат кальция, а в качестве заполнителя – гранулят алюмосиликатного состава, полученный по технологии сиопора.

Предварительные испытания покрытий на вспучивание, как косвенный показатель огнестойкости, проводили по методике Бартеля (Рис. 1) с замером температуры на обратной стороне металлической пластины. Определение огнестойкости стальных конструкций (двутавр №30) с покрытием проводили в условиях испытательного полигона УкрНИИ пожарной безопасности по методикам [7, 8]. Режим испытаний соответствовал температурно-временной зависимости развития стандартного пожара.

Экспериментальная часть

Ранее огнезащитную композицию состава: вяжущее $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ (6S) – 58%; карбонат кальция – 15%; заполнитель-гранулят – 27% наносили на поверхность металла (двутавра №30) при помощи шпателя толщиной 5-8 мм с последующей сушкой в естественных условиях в течение 2-4 суток [3, 4]. После испытаний в условиях испытательного полигона УкрНИИ пожарной безопасности огнезащитная эффективность предложенного состава покрытия находилась в пределах 60 мин.

Однако данный способ нанесения покрытия оказался технологически трудоемким, требующим дополнительной обрешетки и приводящим к увеличению массы как на металлоконструкции, так и нагрузки на фундамент зданий. Также он отличался сложностью при проведении восстановленных и ремонтных работ. Исходя из этого, были сделаны предложения по поводу нанесения на металлическую подложку разработанных в НИИВМ составов огнезащитной композиции с различной степенью наполнения послойно, согласно данным [5], и меньшей толщины (от 2 до 4 мм) с помощью ролика и напыления.

С этой целью исследовались композиции, полученные на основе усовершенствованных щелочных алюмосиликатных связующих составов $(1,09-1,7)\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (6,64-8,42)\text{SiO}_2 \cdot (22,16-$

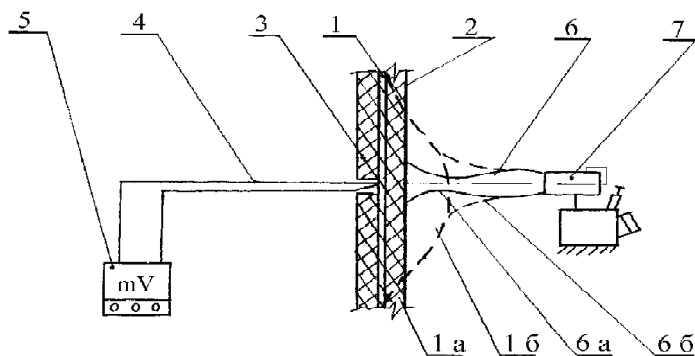


Рис.1. Схема установки Бартеля: 1) огнезащитное вспучивающееся покрытие; 2) металлическая пластина толщиной 3 мм; 3) теплоизоляционная плита; 4) термопара; 5) милливольтметр; 6) пламя горелки (температура 1000-1200°C); 7) источник пламени (бензиновая горелка). 1а и 1б – толщина и форма распределения пламени до вспучивания; 6а и 6б – после вспучивания.

35,76)H₂O (6S') и (1.56-2.48)Na₂O·Al₂O₃·(7.6-10.19)SiO₂·(23.27-43.06)H₂O (7S') (рис. 2, а, б, в).

Как следует из рис.2, а, б для композиций состава 6S' (со степенью наполнения 5, 10, 20, 35%) в течение одного часа прогрева пламенем горелки температура на обратной стороне металлической подложки не превышала 200-250°C независимо от технологического способа нанесения покрытия на подложку.

Для композиции состава 7S' (рис. 2, в), нанесенной с помощью ролика (20% наполнителя), после часа испытаний температура на обратной стороне металлической подложки составила 600°C, что выше предельных значений критической температуры – 580°C, нормированной для несущих металлических конструкций.

Анализ приведенных данных испытаний исследуемых составов огнезащитных композиций позволяет сделать вывод о том, что наиболее целесообразно применять метод распыления композиций на основе связующего состава 6S' со степенью наполнения композиции наполнителем в количестве 10-20%. На рис. 3 приведены фотографии, фиксирующие процесс вспучивания композиции состава 6S' с содержанием наполнителя в количестве 20%.

Как видно из рис. 3, б, после вспучивания композиции в течение одного часа, наблюдается явление послойного вспучивания. Отмеченное явление послойного вспучивания благоприятно сказывается на работе защитного покрытия, так как прогоревший первый слой заменяется вновь образующимся последующим слоем, что способствует увеличению сопротив-

ляемости покрытия огневому воздействию.

Анализ полученных данных способствовал принятию решения о нанесении распыленным композицией состава: связующее 6S' - 90% и наполнитель (фр. 0-0,315 мм – 40% и фр. – 0,315-0,63 мм – 60%) – 10% на двутавр №30 толщиной 3,2 мм и испытать его на полигоне УкрНИИ пожарной безопасности.

После проведения испытаний вышепредложенная композиция выдержала 43 мин огневого воздействия и данный состав вспучивающейся алюмосиликатной композиции можно условно отнести к 4 классу огнестойкости – не менее 45 мин.

Для увеличения предела огнестойкости было принято решение об изменении состава композиции состава (6S') за счет уменьшения доли связующего и увеличения доли наполнителя.

Для повторных испытаний была предложена композиция, включающая – вяжущее – 64,29%; микронаполнитель (CaCO₃) – 7,14 % и наполнитель (фр. 0,315-0,63 мм – 40%; фр. 0,63-1,25 мм – 60%) – 28,57%.

Подкорректированный состав огнезащитного вспученного покрытия наносился на двутавр послойно с последующей просушкой каждого нанесенного слоя теплым воздухом. Толщина покрытия составила, в среднем, 4,2 мм. Выдержка двутавра перед его испытанием проводилась в течение 3 дней в естественных условиях.

Ниже приведены зависимости температуры печи (стандартная кривая пожара) от времени, температурный режим печи во время испытаний и изменение температуры на по-

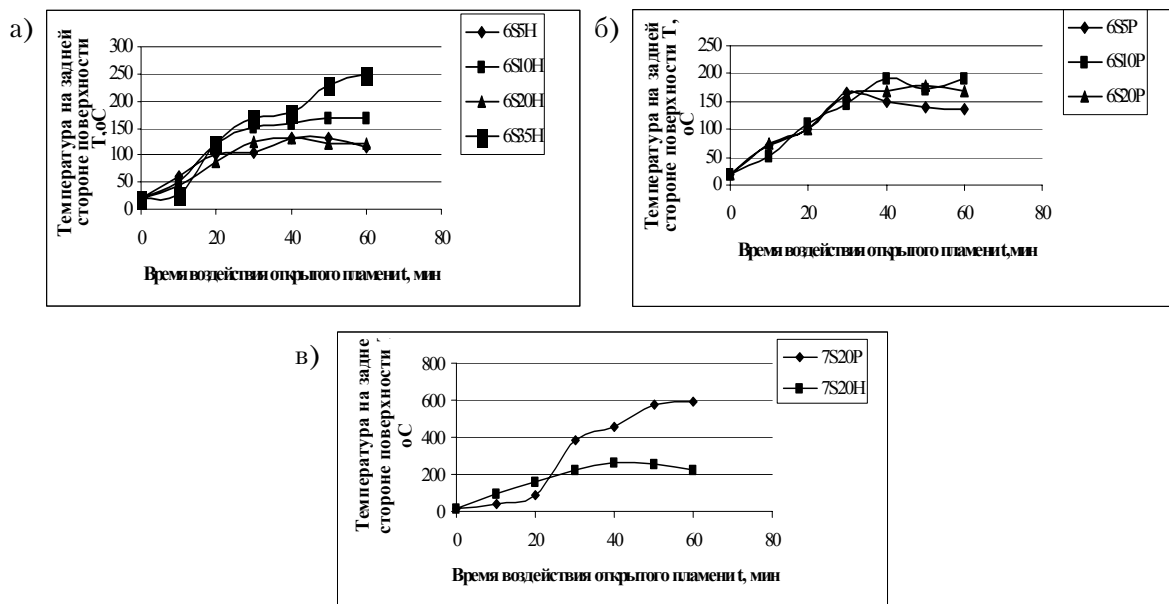


Рис. 2. Изменение температуры на обратной стороне металлической подложки (по схеме Бартеля) алюмосиликатных композиций состава $(1,09-1,7)\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot(6,64-8,42)\text{SiO}_2\cdot(22,16-35,76)\text{H}_2\text{O}$ (6S') и $(1,56-2,48)\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot(7,6-10,19)\text{SiO}_2\cdot(23,27-43,06)\text{H}_2\text{O}$ (7S') от степени наполнения и времени воздействия точечного источника огня: а) композиция 6S – нанесение напылением; б) композиция 6S' – нанесением роликом; в) композиция 7S' – нанесение напылением и роликом.

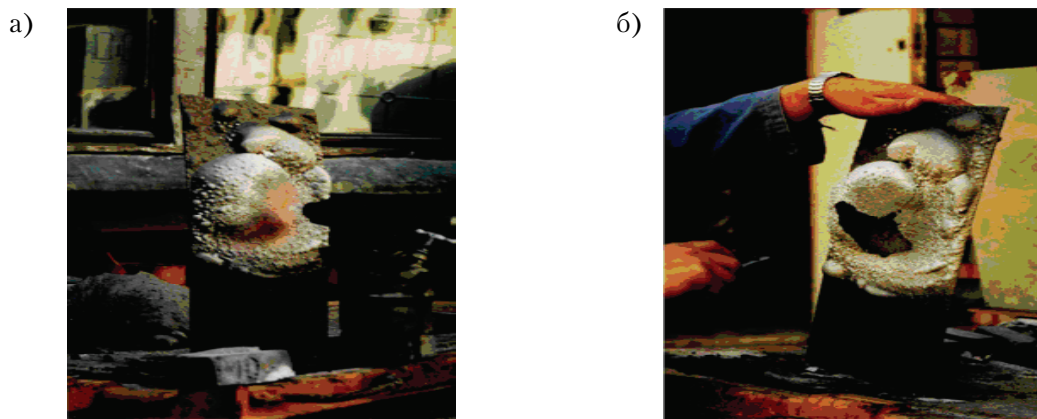


Рис. 3. Фотографии, фиксирующие процесс вспучивания покрытия: замер температуры на обратной стороне пластины (а); вскрытие вспучившегося слоя после испытаний (в).

верхности образца-двутавра от времени испытаний (рис. 3).

После проведения испытаний выше предложенная композиция выдержала 54 мин воздействия открытого пламени огня и данный состав вспучивающейся алюмосиликатной композиции можно условно отнести к 3 классу огнестойкости – не менее 60 мин.

Анализ полученных графических зависимостей позволяет сделать следующие обобщения:
 – введение в состав вспучивающейся огнеза-

щитной алюмосиликатной композиции карбоната кальция, который разлагается при температуре 800-830°C и выделяет CO_2 , способствовало увеличению времени сопротивления пламени до 54 мин;

– также благоприятным оказалось введение в предложенную композицию повышенного количества заполнителя, способствующему формированию ячеисто-сотовой структуры вспученного слоя.

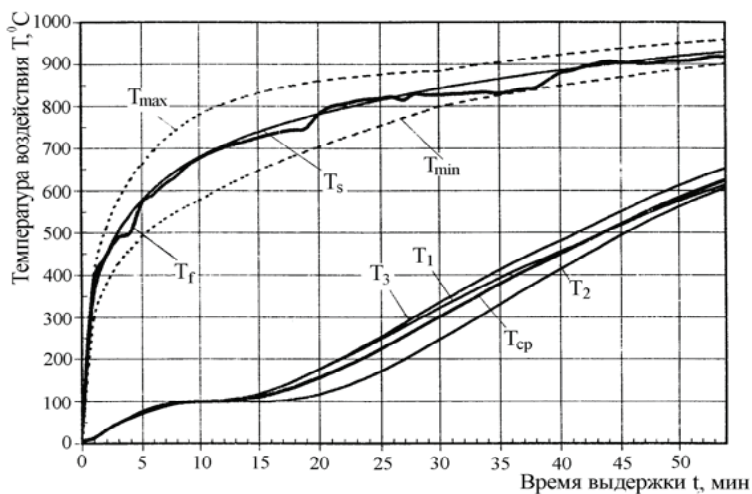


Рис. 4. Зависимость температуры от времени при испытании образца; T_f — значение средней температуры в печи при испытании; T_s — номинальное значение температуры в печи; T_{min} , T_{max} — соответственно минимально и максимально допустимые значения температуры в печи; T_1 – T_3 — температуры образца; T_{cp} — средняя температура образца.



Рис. 5. Вспученное покрытие на двутавре после испытаний в лабораторной печи УкрНИИ пожарной безопасности.

На рис. 4 представлена фотография вспученной огнезащитной композиции на основе алюмосиликатного связующего вышеприведенного состава после испытаний в печи УкрНИИ пожарной безопасности. Как видно из рисунка, покрытие вспучилось хорошо; коэффициент вспучивания, примерно, составляет величину порядка 60; не отмечено сползания покрытия с поверхности двутавра, что говорит о повышенных адгезионных свойствах по сравнению с аналогами на основе органических вяжущих веществ.

Вывод

Установлено, что предел огнестойкости вспучивающихся алюмосиликатных покрытий может быть увеличен (до 60 мин) за счет модификации щелочного алюмосиликатного связующего рядом добавок, описанных в работе [6], снижения

количества связующего и увеличения доли наполнителя в композиции. Оптимальный состав рассмотренного покрытия: связующее – 64,29%; микронаполнитель (CaCO_3) – 7,14 % и наполнитель (фр. 0,315-0,63 мм – 40%; фр. 0,63-1,25 мм – 60%) – 28,57% обеспечивает предел огнестойкости (60 мин), что позволяет отнести покрытие к 3 классу огнестойкости.

Литература

1. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Суханевич М.В. Огнезащитные вспучивающиеся алюмосиликатные покрытия // Сб. "Проблемы огнезащиты строительных материалов и конструкций" - Львов, 1994. - С.31-34.
2. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Суханевич М.В. Розробка фізико-хімічних основ направленої синтезу неорганічних в'язучих в системі $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ для отримання екологічно безпечних спучуваних матеріалів // "Будівництво України", №2, 1997, с.46-49.
3. Суханевич М.В. Неорганічні матеріали, що спучуються, на основі лужних в'язучих систем: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Київ, КТУСА, 1997. – 18 с.
4. Krivenko P. V., Pushkareva E. K., Sukhanevich M. V. Bloating concrete coatings to improve fire resistance of building structures // Proc. of the Intern. Conference held at the Dundee, Scotland, UK, 8-10 sept. , 1999 (Concrete Durability and Repair Technology) p. 415-422.
5. Суханевич М.В., Гузий С.Г. Изучение влияния технологических факторов на свойства щелочных алюмосиликатных систем с целью получения огнезащитных покрытий // Новые огнеупоры. – 2004. - №3. – С.47-50.

6. Пушкарева Е.К., Гузий С.Г., Борисова А.И. Использование модифицированных алюмосиликатных композиций для защиты строительных металлоконструкций от огневого воздействия // Строительное материаловедение - теория и практика // Сб. трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Москва, МИИТ, 22-24 ноября 2006г. - М.: Изд-во СИП РИА, 2006. – С. 268-270.
7. ДБН В.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Метод визначення вогнезахисної ефективності.
8. НПБ 236-97. Огнезащитные составы для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности.

Кривенко Павло Васильович – д.т.н., професор, директор Державного науково-дослідного інституту терпких речовин і матеріалів Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: лужні терпкі матеріали і бетони на їх основі.

Пушкарева Катерина Костянтинівна - д.т.н., професор, завідувач відділом терпких і бетонів спеціального призначення Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: лужні терпкі композиції і матеріали спеціального призначення на їх основі.

Гузій Сергій Григорович - к.т.н., старший науковий співробітник, працює старшим науковим співробітником відділу вяжучих і бетонів Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: лужні і лужно-земельні терпкі системи і матеріали на їх основі.

Суханевич Марина Володимирівна - к.т.н., асистент кафедри будівельних матеріалів Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: лужні і шлочно-земельні терпкі системи і матеріали на їх основі.

Борисова Ангеліна Ігорівна - магістрант Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: лужні і шлочно-земельні терпкі системи і матеріали на їх основі.

Кривенко Павел Васильевич – д.т.н., профессор, директор Государственного научно-исследовательского института вяжущих веществ и материалов Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: щелочные вяжущие материалы и бетоны на их основе.

Пушкарева Екатерина Константиновна – д.т.н., профессор, заведующая отделом вяжущих и бетонов специального назначения Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: щелочные вяжущие композиции и материалы специального назначения на их основе.

Гузій Сергей Григорьевич – к.т.н., старший научный сотрудник, работает старшим научным сотрудником отдела вяжущих и бетонов Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: щелочные и щелочно-земельные вяжущие системы и материалы на их основе.

Суханевич Марина Владимировна – к.т.н., ассистент кафедры строительных материалов Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: щелочные и щелочно-земельные вяжущие системы и материалы на их основе.

Борисова Ангелина Игоревна – магистрант Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: щелочные и щелочно-земельные вяжущие системы и материалы на их основе.

Krivenko Paul Vasil'evich – D. Sc., professor, director of the State research institute of astringents and materials of the Kiev National University of Building and Architecture. Scientific interests: alkaline astringents and concretes on their basis.

Pushkareva Ekaterina Konstantinovna – D. Sc, professor, the chief of the department of astringents and concretes of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture the special assignation. Scientific interests: astringents materials and concretes on their basis.

Guziy Sergey Grigoryevich - candidate of technical sciences, the senior research fellow, the senior research worker of astringents and concretes department of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: alkaline astringents and concretes on their basis.

Sukhanevich Marina Vladimirovna - candidate of technical sciences, the assistant of the "Building materials" chair of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: alkaline astringents and concretes on their basis.

Borisova Angelina Igorevna the undergraduate of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: alkaline astringents and concretes on their basis.