

ВІСНИК
ДОНБАСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



Випуск 2016-3(119)

**БУДІВЛІ ТА КОНСТРУКЦІЇ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ
НОВИХ МАТЕРІАЛІВ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ВЕСТНИК

**Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с декабря 1995 года

Выходит 8 раз в год

Выпуск 2016-3(119)

**ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ С
ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
И ТЕХНОЛОГИЙ**

Макеевка 2016

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ВІСНИК

**Донбаської національної академії
будівництва і архітектури**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Видається з грудня 1995 року
Виходить 8 разів на рік

Випуск 2016-3(119)

**БУДІВЛІ ТА КОНСТРУКЦІЇ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Макіївка 2016

Основатель и издатель

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
Свидетельство о государственной регистрации печатного средства массовой информации
КВ № 9643 выдано 2 марта 2005 Государственным комитетом телевидения и радиовещания
Украины

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации.

В случае использования материалов ссылка на «Вестник ДонНАСА» является обязательной.

Печатается по решению ученого совета
Донбасской национальной академии строительства и архитектуры
Протокол № 9 от 25.04.2016

Редакционная коллегия:

Горохов Е. В., д. т. н., профессор (главный редактор);
Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор (ответственный редактор);
Зайченко Н. М., д. т. н., профессор (ответственный редактор выпуска);
Рожков В. С., к. т. н., доцент (ответственный секретарь выпуска);
Братчун В. И., д. т. н., профессор;
Губанов В. В., д. т. н., профессор;
Корсун В. И., д. т. н., профессор;
Лукьянов А. В., д. т. н., профессор;
Бенаи Х. А., д. арх., профессор;
Бумага А. Д., к. т. н., доцент;
Яркова Н. И., к. э. н., доцент.

Корректоры Л. М. Лещенко, Е. В. Гнездилова
Программное обеспечение С. В. Гавенко
Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано в печать 16.05.2016 Формат 60x84 1/8. Бумага многофункциональная офисная.
Печать ризографическая. Услов. печат. лист. 28,00 Тираж 300 экз. Заказ 030-16

Адрес редакции и издателя

86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2,
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
Телефоны: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67
Тел/факс: (0623) 22-06-16, E-mail: vestnik@donnasa.ru,
http://donnasa.ru/ru/publishing_house/vestnik

Постановлением Президиума ВАК Украины от 06.11.2014 р. № 1279 журнал включен в перечень научных профессиональных изданий по техническим наукам и архитектуре

Напечатано в полиграфическом центре ДонНАСА
86123, г. Макеевка, ул. Державина, 2

Засновник і видавець

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 9643
видано 02 березня 2005 року Державним комітетом телебачення і радіомовлення України

Автори надрукованих матеріалів несуть відповідальність за вірогідність наведених відомостей, точність даних за цитованою літературою і за використання в статтях даних, що не підлягають відкритій публікації.

У випадку використання матеріалів посилання на «Вісник ДонНАБА» є обов'язковим.

Друкується за рішенням вченої ради
Донбаської національної академії будівництва і архітектури
Протокол № 9 від 25.04.2016

Редакційна колегія:

Горохов Є. В., д. т. н., професор (головний редактор);

Мущанов В. П., д. т. н., професор (відповідальний редактор);

Зайченко М. М., д. т. н., професор (відповідальний редактор випуску);

Рожков В. С., к. т. н., доцент (відповідальний секретар випуску);

Братчун В. І., д. т. н., професор;

Губанов В. В., д. т. н., професор;

Корсун В. І., д. т. н., професор.

Лук'янов О. В., д. т. н., професор;

Бенаї Х. А., д. арх., професор;

Бумага О. Д., к. т. н., доцент;

Яркова Н. І., к. е. н., доцент.

Коректори Л. М. Лещенко, О. В. Гнездилова
Програмне забезпечення С. В. Гавенко
Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до друку 16.05.2016 Формат 60x84 1/8. Папір багатофункціональний офісний.
Друк різнографічний. Умов. друк. арк. 28,00 Тираж 300 прим. Заказ 030-16

Адреса редакції і видавця

86123, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,
Донбаська національна академія будівництва і архітектури
Телефони: (0622) 90-29-38; (0623) 22-20-51, (0623) 22-24-67
Тел/факс: (0623) 22-06-16, E-mail: vestnik@donnasa.ru,
http://donnasa.ru/ru/publishing_house/vestnik

Постановою Президії ВАК України від 06.11.2014 р. № 1279 журнал внесено до переліку
наукових фахових видань із технічних наук та архітектури

Надруковано у поліграфічному центрі ДонНАБА
86123, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

УДК 532/626, 69.04

В. Н. БУХАРЦЕВ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ МАССИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРОТИВ СДВИГА В ПЛОСКОСТИ ПОДОШВЫ

Представлено обобщение результатов исследований устойчивости массивных сооружений на нескальном основании в условиях эксцентрично приложенной сдвигающей силы. Рассмотрены основные факторы, оказывающие существенное влияние на оценку устойчивости массивных сооружений. Показано, что наличие эксцентриситета сдвигающей силы относительно центра кручения существенно влияет на коэффициент запаса, поэтому этот фактор следует учитывать при оценке устойчивости сооружения. Наибольшее влияние на оценку устойчивости оказывает смещение сдвигающей силы относительно центра кручения вдоль длинной стороны подошвы сооружения. Разработанная методика, охватывающая все аспекты оценки устойчивости сооружения, позволяет существенно повысить надежность такой оценки при эксцентричном приложении сдвигающей нагрузки.

сдвиг с поворотом, предельное равновесие, центр кручения, расчетные значения, границы доверительных зон и областей, распределение напряжений

В общем случае массивному сооружению с плоской подошвой угрожают две формы нарушения устойчивости: опрокидывание и сдвиг. Основной формой нарушения устойчивости является сдвиг, поскольку в большинстве случаев нормативными документами перекосы сооружения регламентируются малыми значениями, не допускающими опрокидывания. Сдвиг может проявиться в виде перемещения в плоскости подошвы либо с захватом грунта основания и выпором его за пределами подошвы сооружения.

Если в предельном состоянии равнодействующая сдвигающих сил Q , приведенная к плоскости подошвы сооружения, проходит через центр кручения, то нарушение устойчивости происходит в виде прямолинейного смещения – сдвига в направлении сдвигающей силы (рис. 1а).

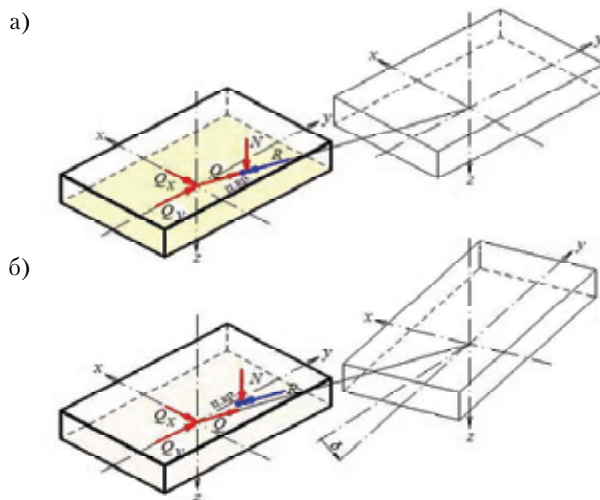


Рисунок 1 – Схемы перемещения сооружения при потере устойчивости: а – линейно-поступательный сдвиг; б – сдвиг с поворотом.

Если же сдвигающая сила Q приложена с некоторым эксцентриситетом относительно центра кручения, то нарушение устойчивости происходит в виде сложного движения: сдвига с поворотом (рис. 1,б).

Смещение сдвигающей силы Q относительно центра кручения может происходить не только вследствие несимметричного приложения нагрузок, но также при несимметричной форме подошвы сооружения, при неоднородном строении основания в пределах подошвы или комбинации этих факторов, а также при опирании сооружения на неподвижную опору.

Центр кручения совпадает с центром тяжести эпюры предельных касательных напряжений, определяемых зависимостью Кулона. Координаты центра кручения в произвольной системе координат определяются выражениями:

$$x_{кр} = \frac{\int x \tau_k dF}{\int \tau_k dF}, \quad y_{кр} = \frac{\int y \tau_k dF}{\int \tau_k dF}, \quad (1)$$

где $\tau_k = f_k \sigma + c_k$;
 f_k, c_k – критические значения параметров, соответствующие предельному сопротивлению;
 σ – нормальное напряжение в скелете грунта основания на площадке сдвигов; интегрирование выполняется по всей площади подошвы сооружения.

Линии действия элементарных сил сопротивления сдвигу $\tau_k dF$ при повороте направлены не параллельно линии действия сдвигающей силы Q , как при линейно-поступательном сдвиге, а по касательным к окружностям, ортогонально радиус-векторам, проведенным из полюса поворота (рис. 2). Условия предельного равновесия сооружения в этом случае выражаются уравнениями:

$$\Sigma Z = 0: \int \sigma dF = N, \quad (2)$$

$$\Sigma X = 0: \int \tau_k \cos \psi dF = Q_x, \quad (3)$$

$$\Sigma Y = 0: \int \tau_k \sin \psi dF = Q_y, \quad (4)$$

$$\Sigma M_x = 0: \int y \sigma dF = M_x, \quad (5)$$

$$\Sigma M_y = 0: \int x \sigma dF = M_y, \quad (6)$$

$$\Sigma M_{z_p} = 0: \int \rho \tau_k dF = M_{кр} \neq 0, \quad (7)$$

где, помимо известных величин, $\psi = \psi(x, y)$ – угол отклонения элементарных сил $\tau_k dF$ от направления оси x ; $\rho = \rho(x, y)$ – радиус-вектор для элементарной силы $\tau_k dF$, проведенный из полюса поворота p с координатами (x_p, y_p) .

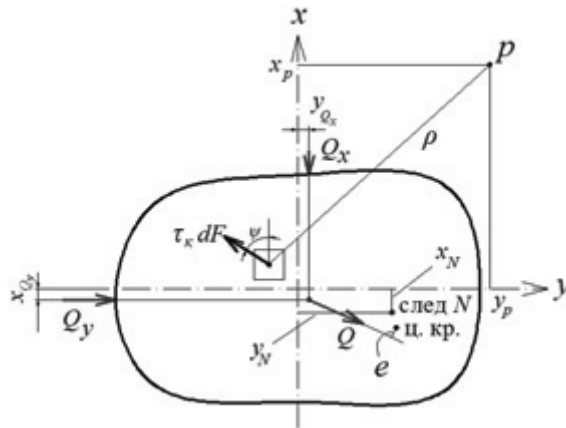


Рисунок 2 – Расчетная схема к оценке устойчивости против сдвига с поворотом.

Система уравнений предельного равновесия (2) – (7) распадается на две независимые системы. Из уравнений (2), (5) и (6), не содержащих τ_k , определяются параметры функции распределения нормального напряжения по подошве сооружения. Из оставшихся трех уравнений (3), (4) и (7), содержащих τ_k , определяются координаты полюса поворота и запас устойчивости сооружения против сдвига с поворотом.

Радиус-вектор ρ для элементарной силы $\tau_{np} dF$ и тригонометрические функции, входящие в упомянутые уравнения, определяются выражениями:

$$\rho = \pm \sqrt{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2}, \quad \cos \psi = -\frac{y - y_p}{\rho}, \quad \sin \psi = -\frac{x - x_p}{\rho}. \quad (8)$$

Знак перед корнем в выражении (8) совпадает со знаком крутящего момента сдвигающей силы Q относительно упомянутого центра кручения: плюс соответствует повороту по часовой стрелке, если смотреть в направлении оси z , минус – в противоположном направлении.

Получить общее аналитическое решение задачи можно только для простейших форм подошвы сооружения: прямоугольника и треугольника [3]. Для подошвы произвольной формы можно получить решение, синтезирующее решения для упомянутых простейших форм. При этом контур подошвы сложного очертания описывается аппроксимирующей кусочно-линейной функцией. Точность вычислений в этом случае определяется точностью аппроксимации контура подошвы.

Оценка устойчивости массивного сооружения против сдвига с поворотом, в отличие сдвига без поворота, зависит от распределения нормального напряжения по подошве сооружения. Экспериментально установлено, что нормальное напряжение по подошве сооружения часто распределено нелинейно. Учет нелинейности распределения нормального напряжения можно обеспечить введением в зависимость для σ дополнительно слагаемого, учитывающего деформационные свойства грунта основания. Для сооружений с прямоугольной подошвой, имеющих наибольшее распространение, дополнительный член можно представить в виде эллиптического параболоида [1]. Тогда расширенная формула для определения нормальных напряжений у подошвы сооружения в главной центральной системе координат примет вид:

$$\sigma = \left(\frac{N}{F} + \frac{M_y}{J_y} x + \frac{M_x}{J_x} y \right) + \sigma \left[\left(1 - \frac{F}{J_x} y^2 \right) + \nu F \left(\frac{y^2}{J_x} - \frac{x^2}{J_y} \right) \right], \quad (9)$$

где ν – коэффициент Пуассона,
 σ – параметр, имеющий размерность напряжения.

Параметр σ отражает отклонение значения нормального напряжения в центре тяжести подошвы от среднего значения. Знак этого параметра определяет знак кривизны эпюры напряжений: плюс соответствует выпуклой эпюре, минус – вогнутой; при $\sigma = 0$ имеет место линейное распределение напряжений.

На рис. 3 представлены эпюры нормального напряжения, вычисленные по зависимости (9), на которые нанесены точки, соответствующие результатам экспериментальных исследований по определению напряжений вблизи контакта крупномасштабной модели с основанием, заимствованные из [2].

На устойчивость сооружения против сдвига с поворотом существенное влияние оказывает эксцентриситет и ориентация сдвигающей силы относительно его подошвы.

Зависимость коэффициента запаса от этих факторов представлена на рис. 4. На рис. 4а по горизонтальной оси отложены значения относительного эксцентриситета, вычисляемого по формуле:

$$\tilde{e} = \frac{2e}{a \cos \psi + b \sin \psi},$$

где ψ – угол наклона к оси x линии действия сдвигающей силы,
 a – длина стороны прямоугольника, параллельной оси x ,
 b – длина стороны прямоугольника, параллельной оси y .

Оценка запаса устойчивости по схеме предельных состояний основывается на сопоставлении расчетной модели сооружения, подвергаемого проверке на устойчивость, с моделью сооружения, находящегося в состоянии предельного равновесия – с так называемой предельной схемой. Это выражается в сопоставлении расчетных и критических значений параметров прочности грунта.

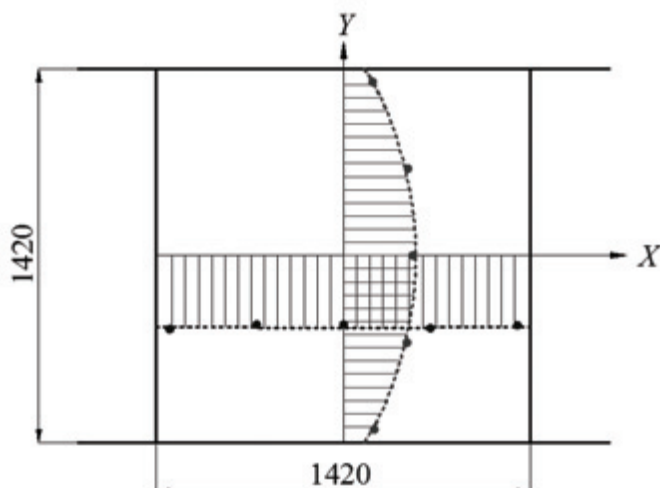


Рисунок 3 – Эпюры нормальных напряжений, возникающих у подошвы сооружения.

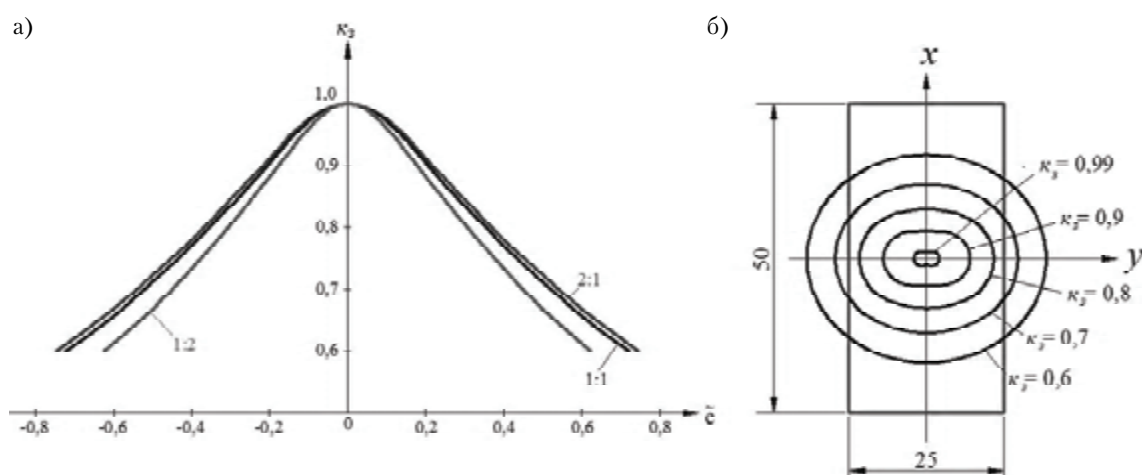


Рисунок 4 – Графики зависимостей коэффициента запаса от основных факторов: а) от эксцентриситета сдвигающей силы для разных соотношений длин сторон прямоугольной подошвы ($F = \text{const}$); б) от ориентации сдвигающей силы относительно подошвы ($e = \text{const}$).

Расчетные значения параметров прочности грунта f устанавливаются по результатам испытания образцов. Если используется традиционная концепция коэффициента запаса по предложению В. Феллениуса

$$\kappa_3 = \frac{f}{f_k} = \frac{c}{c_k}, \quad f_k \geq 0, \quad c_k \geq 0, \quad (10)$$

то его значение определяется одним из трех уравнений равновесия: (3), (4), (7).

В [4] нами предложено запас устойчивости определять как меру удаления точки с координатами f, c от линии критических значений параметров прочности грунта (рис. 5). При этом критические значения параметров прочности f_k, c_k определяются точкой пересечения перпендикуляра к линии критических значений, проходящего через точку с координатами f, c (на рис. 5 точка 3). При такой концепции запас устойчивости оценивается двумя коэффициентами:

$$\kappa_{zf} = \frac{f}{f_k}, \quad \kappa_{zc} = \frac{c}{c_k}, \quad f_k \geq 0, \quad c_k \geq 0. \quad (11)$$

Чтобы выразить запас устойчивости единым коэффициентом, нами предложено заменить параметр s безразмерным параметром $s = cF/N$, критическое значение этого параметра $s_k = c_k B/N$. Коэффициент запаса устойчивости определяется как отношение длин отрезков прямых, проведенных из начала координат к точкам 1 и 3:

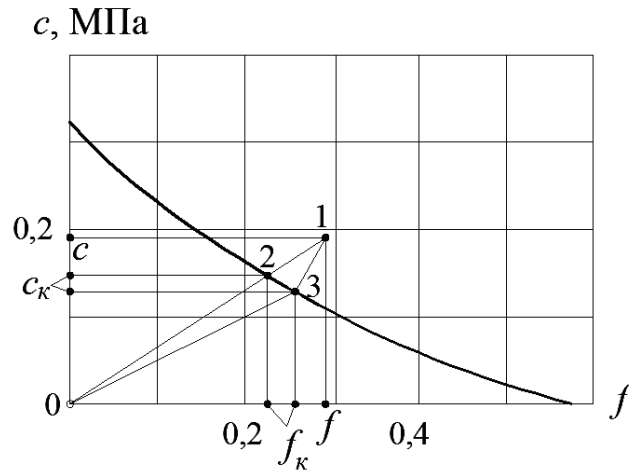


Рисунок 5 – Схема к определению коэффициента запаса устойчивости.

$$k_3 = \frac{\sqrt{f^2 + s^2}}{\sqrt{f_k^2 + s_k^2}}. \quad (12)$$

Эта зависимость отражает не только характеристики прочности грунта основания, но и размеры сооружения, а также нагрузку на него, что, по нашему мнению, более полно отражает запас устойчивости. По сравнению с предложенной методикой традиционная методика определения коэффициента запаса дает погрешность в сторону риска.

Следует подчеркнуть, что расчетные значения f, c характеризуют с определенной вероятностью механическую прочность реального грунта, а линия критических значений отражает геометрические характеристики сооружения и действующие на него нагрузки.

Расчетные значения характеристик механической прочности грунтов f, c вычисляются с применением вероятностных методов по результатам испытания образцов. В современных российских нормативных документах используется методика, нуждающаяся в совершенствовании. Поэтому нами предложена оригинальная методика [5], суть которой заключается в следующем.

При построении границ доверительной зоны в диапазоне расчетных значений нормальных напряжений $\sigma \in [\sigma_{\min}; \sigma_{\max}]$ для всей регрессии в целом используется U-распределение вероятностей [6].

$$P_{\text{вер}} \{U \geq u\} = \frac{2}{\pi} \left(1 + \frac{u^2}{v}\right)^{-\frac{v}{2}} \left[\arcsin \lambda + \int_0^{\operatorname{ctg}(\frac{\psi}{2})} \frac{d\sigma}{(1 + \sigma^2) \left(1 + \frac{u^2 \sigma^2}{u^2 + v}\right)^{\frac{v}{2}}} \right], \quad (13)$$

где $\lambda = \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 - \frac{1+ab}{\sqrt{(1+a^2)(1+b^2)}} \right]}$, $a = \frac{\sigma_{\min} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\Delta}}$, $b = \frac{\sigma_{\max} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\Delta}}$.

Если интервал $[\sigma_{\min}; \sigma_{\max}] = 0$, т. е. $\sigma_{\min} = \sigma_{\max} = \bar{\sigma}$, то $\lambda = 0$, $\psi = 0$ и U распределена как модуль случайной величины, подчиняющейся распределению Стьюдента с v степенями свободы. Если же интервал $[\sigma_{\min}; \sigma_{\max}] \rightarrow \infty$, что не свойственно грунтам, то $\lambda = 1$, $\psi = \pi$ и величина $U^2/2$ подчиняется F-распределению с параметрами $v_1 = 2$ и $v_2 = v$.

Границы доверительной зоны определяются выражениями:

$$\tilde{\tau}(\sigma) = f_u \sigma + c_u \pm \beta_u \sqrt{(\sigma - \bar{\sigma})^2 + \Delta}, \quad (14)$$

где $f_u = \operatorname{tg} \varphi_u = \frac{1}{\Delta} (\bar{\sigma} \bar{\tau} - \bar{\sigma} \bar{\tau})$ и $c_u = \frac{1}{\Delta} (\bar{\sigma}^2 \bar{\tau} - \bar{\sigma} \bar{\sigma} \bar{\tau})$ – нормативные значения параметров прочности грунта,

$\beta_u = \frac{su_{\alpha,\lambda,\nu}}{\sqrt{v\Delta}}$, $u_{\alpha,\lambda,\nu}$ – квантиль U-распределения, определяемый в зависимости от доверительной вероятности $1-\alpha$, числа степеней свободы ν и диапазона расчетных значений $\sigma \in [\sigma_{\min}; \sigma_{\max}]$,

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\tau_i - f_n \sigma_i - c_n)^2}, \Delta = \overline{\sigma^2} - \bar{\sigma}^2, \bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i, \overline{\sigma^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i^2, \bar{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i, \overline{\sigma\tau} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i \tau_i,$$

σ_i и τ_i – парные частные значения нормальных и предельных касательных напряжений, действующих на площадках сдвигов, полученные в отдельных испытаниях. Для линейной регрессии при $c \neq 0$, $\nu = n - 2$, при $c = 0$, $\nu = n - 1$.

Канонический вид выражения (14), описывающего две ветви гиперболы

$$\frac{[\tilde{\tau}(\sigma) - (f_n \sigma + c_n)]^2}{\beta_u^2 \Delta} - \frac{(\sigma - \bar{\sigma})^2}{\Delta} = 1. \tag{14*}$$

Графики границ доверительных зон, построенные по выражению (14) для трех уровней вероятностей: $p_1 = 0,90$, $p_2 = 0,95$, $p_3 = 0,99$, представлены на рисунке 6а. Использованные для построения графиков значения нормальных и предельных касательных напряжений, полученные по результатам испытаний образцов на приборах прямого среза, представлены в [2]. Очевидно, за расчетную регрессию следует взять прямую, касательную к нижней границе доверительной зоны при определенном уровне вероятности, которая соответствует минимальному запасу устойчивости. Для выявления параметров этой расчетной регрессии рационально перейти от системы координат $\sigma\tau$ к системе координат $f\sigma$, в которой границы доверительной зоны отображаются эллипсами

$$\frac{[c_n + f_n \bar{\sigma} - (\tilde{c} + \tilde{f} \bar{\sigma})]^2}{\beta_u^2 \Delta} + \frac{(f_n - \tilde{f})^2}{\beta_u^2} = 1. \tag{15}$$

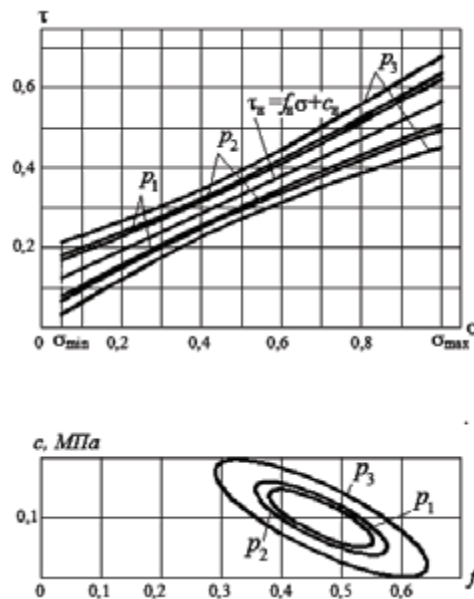


Рисунок 6 – Графики границ при уровнях доверительной вероятности $p_1 = 0,90$; $p_2 = 0,95$; $p_3 = 0,99$: а) доверительной зоны линейной регрессии $\tau_n = f_n \sigma + c_n$; б) доверительной области для параметров f , c .

Графики этих границ доверительной области для трех уровней вероятностей, построенные по результатам [1], изображены на рисунке 6б.

Для упрощения вычислений при определении коэффициента безопасности по грунту и коэффициента запаса устойчивости рационально перейти к безразмерным параметрам. Вместо параметра c вводится безразмерный параметр $t = (c + f \bar{\sigma}) / \sqrt{\Delta}$ при неизменном втором параметре f .

Нормативные и критические значения нового параметра обозначаются соответствующими индексами. В новой координатной системе эллипсы, изображенные на рис. 6б, отображаются окружностями (рис. 7) с центрами в точке $f_n, t_n = (c_n + f_n \bar{\sigma}) / \sqrt{\Delta}$ и радиусами β_u . Это дает возможность оценивать устойчивость сооружения единым коэффициентом запаса по исходной экспериментальной статистической информации. В этом случае коэффициент запаса устойчивости определяется выражением:

$$k_s = \frac{\sqrt{f^2 + t^2}}{\sqrt{f_k^2 + t_k^2}}. \quad (16)$$

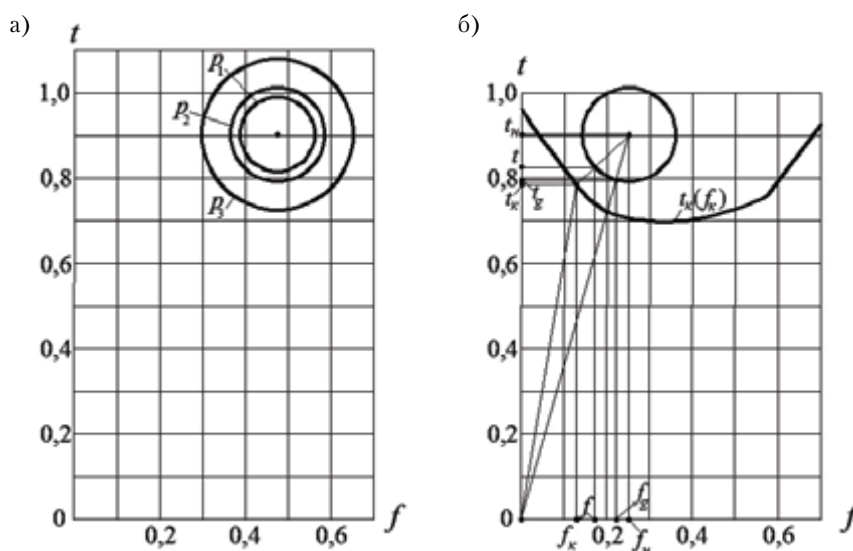


Рисунок 7 – Графики границ при уровнях доверительной вероятности $p_1 = 0,90; p_2 = 0,95; p_3 = 0,99$: а) доверительной области для параметров f, t ; б) то же с нанесением линии критических значений f_n, t_n .

ВЫВОДЫ

1. Наличие эксцентриситета сдвигающей силы относительно центра кручения существенно влияет на коэффициент запаса, поэтому этот фактор следует учитывать при оценке устойчивости сооружения.
2. Наибольшее влияние на оценку устойчивости оказывает смещение сдвигающей силы относительно центра кручения вдоль длинной стороны подошвы сооружения.
3. Разработанная методика, охватывающая все аспекты оценки устойчивости сооружения, позволяет существенно повысить надежность такой оценки при эксцентричном приложении сдвигающей нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухарцев, В. Н. Оценка устойчивости бетонных сооружений на нескальном основании [Текст] / В. Н. Бухарцев, Хуан Ву Мань // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 1. – С. 57–64.
2. Липовецкая, Т. Ф. Экспериментальные исследования распределения нормальных напряжений в подошве жестких фундаментов на мягких грунтах [Текст] / Т. Ф. Липовецкая // Труды координационных совещаний по гидротехнике. Вып. III / ВНИИГ им. Б. Веденеева. – Л. : Госэнергоиздат, 1962. – С. 22–51.
3. Бухарцев, В. Н. Оценка устойчивости внецентренно нагруженных бетонных сооружений на нескальном основании [Текст] / В. Н. Бухарцев, Хуан Ву Мань // Гидротехническое строительство. – 2011. – № 4. – С. 28–32.
4. Бухарцев В. Н. Повышение надежности оценки устойчивости бетонных сооружений на нескальном основании против сдвига с поворотом [Текст] / В. Н. Бухарцев, Хуан Ву Мань // Гидротехническое строительство. – 2012. – № 11. – С. 41–46.
5. Бухарцев, В. Н. К определению расчетных значений параметров прочности грунтов [Текст] / В. Н. Бухарцев // Гидротехническое строительство. – 2006. – № 6. – С. 27–30.
6. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики [Текст] / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М. : Наука, 1983. – 416 с.

Получено 25.02.2016

В. М. БУХАРЦЕВ
ОЦІНКА СТІЙКОСТІ МАСИВНИХ СПОРУД ПРОТИ ЗСУВУ В ПЛОЩИНІ ПІДОШВИ

Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого

Надано узагальнення результатів досліджень стійкості масивних споруд на нескельній підваліні в умовах ексцентрично прикладеної зрушувальної сили. Розглянуто основні фактори, які впливають на оцінку стійкості масивних споруд. Показано, що наявність ексцентриситету зрушувальної сили відносно центра кручення істотно впливає на коефіцієнт запасу, тому цей фактор слід враховувати при оцінці стійкості споруди. Найбільший вплив на оцінку стійкості має зсув зрушувальної сили відносно центра кручення уздовж довгої сторони підшви споруди. Розроблена методика, яка охоплює всі аспекти оцінки стійкості споруди, дозволяє істотно підвищити надійність такої оцінки при ексцентричному прикладанні зрушувального навантаження.

зрушення з поворотом, гранична рівновага, центр кручення, розрахункові значення, межі довірчих зон і областей, розподіл напружень

VLADIMIR BUKHARTSEV
ESTIMATION OF STABILITY AGAINST SHEAR MASSIVE STRUCTURES IN THE PLANE OF THE SOLE

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

A generalization of the results of stability of studies of massive constructions on no rock basis under eccentrically applied shear force has been given. The main factors have a significant impact on the stability against shear of massive structures. It is shown that the presence of eccentricity of shear about the center of torsion significantly affects on the safety factor, so this factor should be taken into account when assessing the sustainability of the building. The offset of the shear force relative to the center of torsion along the long side of the sole structure has the greatest effect on the measurement of sustainability. The developed method, covering all aspects of assessment of stability of structures, can significantly improve the reliability of such assessment upon eccentric application of shear loading.

shift to turn, limit equilibrium, center of torsion, the calculated values, the limits of trust zones and regions, the stress distribution

Бухарцев Володимир Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри водогосподарського та гідротехнічного будівництва Санкт-Петербурзького політехнічного університету Петра Великого.

Бухарцев Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры водохозяйственного и гидротехнического строительства Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Bukhartsev Vladimir – D.Sc. (Eng.), Professor, Water Management and Hydrotechnical Construction Department, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

УДК 666.972.16

Н. М. ЗАЙЧЕНКО^а, А. В. НАЗАРОВА^б, МАРШДИ КОСАЙ САХИБ РАДИ^с^а Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ^б Луганский национальный аграрный университет, ^с Аль Мустакбаль университет, Ирак

ТВЕРДЕНИЕ ЦЕМЕНТА С КОМПЛЕКСНОЙ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ДОБАВКОЙ

Данные рентгенофазового анализа свидетельствуют о том, что комплексная органо-минеральная добавка модифицирует состав продуктов гидратации камня вяжущего. Замедляющее действие добавки, снижающей усадку SRA 25, на кинетику роста прочности цементного камня в ранние сроки твердения иллюстрируется снижением интенсивностей дифракционных отражений портландита ($d = 0,493; 0,312; 0,145$ нм) и этtringита ($d = 0,561; 0,469; 0,215$ нм), а также более высокой интенсивностью линий алита ($d = 0,176; 0,164; 0,154$ нм) в сравнении с контрольным составом. Показано, что агент внутреннего ухода интенсифицирует гидратацию цементного камня, что прослеживается по росту интенсивностей дифракционных отражений портландита и гидросиликатов кальция, а также гидроксида магния (брусита).

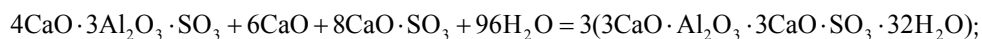
портландцемент, гидратация, суперпластификатор, добавка, снижающая усадку, агент внутреннего ухода, портландит, гидросиликаты кальция

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из ключевых задач получения высокофункциональных бетонов с повышенной долговечностью является минимизация негативного влияния на свойства бетона усадочных деформаций при твердении и эксплуатации. Данная проблема может быть решена при применении цементов с компенсированной усадкой, механизм твердения которых основывается на расширении цементной матрицы в отличие от усадки обычных цементов [1].

Согласно ASTM C845-90 и ACI 223-98 различают три типа расширяющихся цементов [2], механизм расширения которых основан на кристаллизации гидросульфатоалюмината кальция при взаимодействии сульфата кальция с вводимыми в цемент или образующимися при его гидратации гидроралюминатами кальция [3]:

– тип «К»: цемент, твердеющий по схеме:



– тип «М»: смесь портландцемента с алюминатами кальция CA и C_7A_{12} ;

– тип «S»: портландцемент с повышенным содержанием трехкальциевого алюмината и гипса.

Реакция образования гидросульфатоалюмината кальция начинается сразу же после перемешивания компонентов бетонной смеси и длится от трех до семи суток. Таким образом, расширение происходит в тот момент, когда бетон имеет уже достаточно высокую прочность сцепления со стальной арматурой. В то же время во многих случаях применение расширяющихся цементов (типы «К», «М», «S») не обеспечивает требуемого уровня расширения для компенсации усадки [4]. Для того, чтобы более точно регулировать содержание расширяющегося компонента в бетоне, разработаны различные типы расширяющихся добавок в виде самостоятельных компонентов бетонных смесей [5]. Расширяющиеся добавки на основе сульфатоалюмината кальция дают расширения при контролируемом процессе образования этtringита (например, добавка, содержащая золу-унос – 13,9 %; молотый доменный граншлак – 49,5 % и ангидрит – 36,6 % [6]). Эти добавки также уменьшают количество воды,

испаряемой из бетона – вторичный фактор снижения усадки бетона при высыхании [5]. В то же время применение расширяющихся компонентов в качестве добавок к обычному портуландцементу также имеет ряд и негативных последствий, что может быть вызвано различным химико-минералогическим составом исходного цемента и, как следствие, непрогнозируемым количеством образующегося этtringита [7].

Реакция полного преобразования сульфалоуминатной расширяющейся добавки в этtringит длится минимум семь суток, а для формирования этtringита необходимо большое количество воды, что в значительной мере зависит от влажностного ухода [1, 2, 8]. Таким образом, применение сульфалоуминатной расширяющейся добавки в бетонах без надлежащего водного ухода может быть неэффективным. Кроме того, для высокопрочного бетона с низкой проницаемостью (В/Ц 0,4) или массивных бетонных конструкций вода может иметь ограниченную пенетрацию вглубь бетона и, следовательно, быть недостаточной для полной гидратации расширяющейся добавки с высокой водопотребностью даже при обеспечении внешнего влажностного ухода [5]. При высоких температурах (более 70 °С) этtringит может подвергаться разложению, поэтому он может представлять потенциальную опасность для некоторых массивных бетонных конструкций при повышении температуры в процессе гидратации цемента [9].

Известно, что бетоны с добавкой расширяющегося компонента на основе оксида кальция требуют значительно меньшей продолжительности влажностного ухода (до двух суток) для достижения необходимого уровня расширения [8, 10]. Научной школой Mario Collepardi выявлен синергетический эффект при комбинированном использовании добавки на основе полипропиленгликоля, снижающей усадку – Shrinkage Reducing Admixture (SRA), и расширяющегося компонента на основе СаО даже при отсутствии влажностного ухода [10, 11]. Однако расширение бетона в раннем возрасте, как правило, в пределах 2–7 суток, не компенсирует усадку, которая развивается в более поздние сроки, в частности усадку при высыхании [9]. Эти проблемы могут быть решены при использовании расширяющегося компонента с эффектом расширения в более поздние сроки твердения, например оксида магния, обожжённого при температурах в пределах 800...1 200 °С [5, 9, 12]. С другой стороны, на наш взгляд, эффект расширения оксидов кальция и магния в бетоне должен быть более полным при условии обеспечения адекватного влажностного ухода, в частности внутреннего.

Таким образом, необходимым условием получения высококачественных бетонов с компенсированной усадкой является использование комплекса модификаторов, в частности:

- суперпластификатора с высоким водоредуцирующим эффектом;
- расширяющегося компонента на основе оксидов кальция и магния, полученного путем обжига, например доломита;
- агента внутреннего ухода (предварительно водонасыщенный мелкий пористый наполнитель), что обеспечит более полную гидратацию расширяющегося компонента (оксида магния) в более поздние сроки твердения.

Целью работы является установление влияния состава органо-минерального модификатора на твердение цемента и формирование продуктов гидратации цементных паст.

Характеристика исходных материалов

При исследовании влияния состава органо-минерального модификатора на формирование продуктов гидратации цементных паст в качестве исходных ингредиентов приняты:

- сульфатостойкий цемент (the sulphate resistance cement, Al Qa'im, Республика Ирак);
- суперпластификатор (СП) – порошковая добавка на основе модифицированного поликарбонксилатного эфира Melflux 5581 F (BASF);
- добавка, снижающая усадку (SRA) – Mapecure SRA 25, Mapei;
- расширяющийся компонент (ПК) – порошковая добавка, полученная обжигом в течение часа при температуре 1150 °С молотого (остаток на сите № 008 – 55 %) доломитизированного известняка;
- агент внутреннего ухода – предварительно водонасыщенный керамзитовый песок (КП) фракции 2,5...5,0 мм.

Состав цементных паст подобран исходя из условия обеспечения одинаковой подвижности цементных паст по показателю расплыва мини-конуса на встряхивающем столике в пределах 145...150 мм (табл. 1).

Таблица 1 – Состав цементных паст

Наименование компонента	Ед. изм.	Расход, состав					
		1	2	3	4	5	6
Портландцемент	г	400	400	400	400	400	400
Расширяющаяся добавка	г	–	32	32	32	32	–
Суперпластификатор	г	–	2	2	2	2	–
Добавка SRA	мл	–	–	1	1	1	1
Керамзитовый песок	г	–	–	–	–	–	–
Вода	мл	125	108	111	109	109	124
В/Ц	–	0,31	0,27	0,26	0,25	0,25	0,31

Результаты экспериментов и обсуждение

Установлено, что применение в составе цементной пасты контрольного состава (состав № 1) суперпластификатора на основе модифицированного карбоксилатного эфира Melflux 5581 F (состав № 2) обеспечивает повышение прочности при сжатии цементного камня в возрасте 3 суток – на 55 %, 28 суток – на 37,5 % (рис. 1). Это обусловлено как снижением величины водоцементного отношения в равноподвижной цементной пасте, так и диспергирующим эффектом суперпластификатора, создающего электростерическую стабилизацию дисперсной системы.

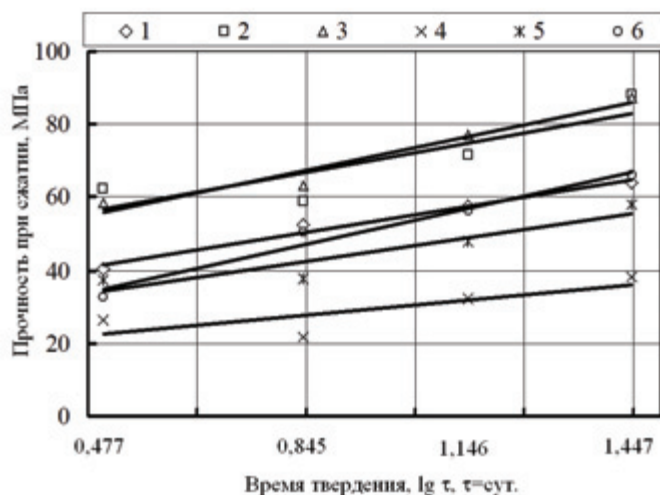


Рисунок 1 – Влияние состава комплексного модификатора на кинетику роста прочности цементного камня.

При введении в состав контрольной цементной пасты добавки, снижающей усадку SRA 25, отмечено уменьшение на 19,3 % прочности цементного камня в возрасте 3 суток (состав № 6), что обусловлено замедляющим эффектом добавки на твердение вяжущего на ранних этапах. В то же время, при совместном введении добавок SRA 25 и Melflux 5581 F (состав № 3) прочность цементного камня в сравнении с составом, содержащим только добавку Melflux 5581 F (состав № 2), практически не изменяется во все исследуемые сроки твердения. Следует также отметить, что для обоих составов цементных паст (№№ 2 и 3), содержащих, кроме химических добавок SRA 25 и Melflux 5581 F, расширяющийся компонент, наблюдается незначительное падение прочности в возрасте 7 суток по сравнению с показателем в возрасте 3 суток (в цементном камне состава № 3 менее выраженное, чем в составе № 2). Этот сброс прочности наиболее вероятно связан с развитием напряжений в цементном камне, вызванном гидратацией и расширением оксидов кальция и магния, содержащихся в расширяющемся компоненте.

При добавлении к цементной пасте, содержащей комплексный модификатор (суперпластификатор, добавка, снижающая усадку, и расширяющийся компонент, состав № 3) небольшой порции сухого керамзитового песка, наблюдается существенное снижение прочности – в возрасте 3 суток на 54 %, 7 суток – на 66 %, 14 суток – на 58 %, 28 суток – на 56 % (состав № 4). Здесь также отмечен явно выраженный сброс прочности в возрасте 7 суток по сравнению с прочностью в возрасте 3 суток. Кроме

того, исходная подвижность цементной пасты уже через 3...5 минут начала резко снижаться, что обусловлено интенсивным поглощением воды затворения керамзитовым песком.

В то же время использование предварительно водонасыщенного керамзитового песка, во-первых, исключает проблему быстрой потери подвижности цементной пастой, во-вторых, обеспечивает существенное повышение показателей прочности при сжатии (состав № 5). Для сравнения изменение (снижение/повышение) показателей прочности состава № 5 в сравнении с составами № 3 и № 4 иллюстрируется следующими данными: 3 суток твердения: -36% / $+42\%$; 7 суток: -40% / $+76\%$; 14 суток: -38% / $+49\%$; 28 суток: $-33,5\%$ / $+52\%$. В возрасте 7 суток сброс прочности имеет менее выраженный характер. Таким образом, очевидно, что наличие в составе цементной пасты агента внутреннего ухода оказывает положительное влияние на процессы гидратации вяжущего и расширяющейся добавки. Снижение прочности бетона, в котором агент внутреннего ухода (пористый керамзитовый песок) присутствует в виде частичной замены плотного песка, будет в значительно меньшей степени, чем это отмечено для цементного камня.

По данным рентгенофазового анализа для цементных паст с добавкой SRA 25 (№ 6) и контрольного состава № 1, твердевших в течение 3 суток, отмечены изменения в интенсивности дифракционных отражений минерала алита: снижение интенсивностей линий $d = 0,595; 0,297; 0,278$ нм и повышение интенсивностей линий $d = 0,176; 0,164; 0,154$ нм (рис. 2, табл. 2).

Одновременно наблюдается снижение интенсивности дифракционных отражений, характерных для образующегося в процессе гидратации портландцемента минерала портландита: $d = 0,493; 0,312; 0,145$ нм.

Относительная величина изменения (снижение/повышение) интенсивностей линий $d = 0,263; 0,193; 0,179; 0,169$ нм является незначительной. Образующийся в начальной стадии взаимодействия алита с водой первичный гидросиликат кальция C_3SH_2 , который подвергается быстрому гидролизу с образованием соединений с меньшим отношением C/S, характеризуется меньшей интенсивностью дифракционных отражений в образце цементного камня состава № 6 по сравнению с контрольным: $d = 0,501; 0,301; 0,247; 0,208$ нм. Также отмечена меньшая интенсивность некоторых линий, идентифицирующих минерал этtringит: $d = 0,561; 0,469; 0,215$ нм.

Таким образом, вышеприведенное описание рентгенограмм объясняет причину замедляющего действия добавки, снижающей усадку SRA 25, на кинетику роста прочности цементного камня в ранние сроки твердения. Цементный камень, содержащий добавку суперпластификатора и расширяющийся компонент (образец № 2), характеризуется меньшей интенсивностью основных дифракционных отражений алита: $d = 0,595; 0,278; 0,176; 0,164$ нм в сравнении с контрольным образцом. Эта тенденция усиливается с увеличением срока твердения – 14 суток.

В возрасте от 3 до 14 суток твердения наблюдается рост линий портландита $d = 0,312; 0,193; 0,179; 0,169; 0,145$ нм. При этом абсолютные значения интенсивностей основных линий $d = 0,193; 0,179$ нм для обоих образцов выше в сравнении с аналогичными линиями контрольного образца № 1. Вероятно, это связано как с интенсификацией гидратации портландцемента, так и образованием гидроксидов кальция в ходе гидратации расширяющегося компонента. Четкой тенденции изменения интенсивности линий, характеризующих различные гидросиликаты кальция: первичный C_3SH_2 и вторичный $C_2SH(II)$ для образцов контрольного состава и состава № 2 не отмечено.

Для образца цементного камня с комплексом добавок: суперпластификатор, добавка, снижающая усадку, и расширяющийся компонент (состав № 3) в сравнении с предыдущими образцами можно отметить более характерное снижение интенсивностей основных линий алита в возрасте 3 и 14 суток (рис. 3).

Незначительные по интенсивности дифракционные отражения минерала брусита $d = 0,475, 0,158$ нм на рентгенограммах образцов с расширяющейся добавкой на основе обожженного доломитизированного известняка (№№ 2, 3) свидетельствуют о гидратации MgO с образованием $Mg(OH)_2$ в более поздние сроки твердения (14 суток).

Сравнивать интенсивность дифракционных отражений на рентгенограммах образцов, содержащих в своем составе керамзитовый песок (составы №№ 4, 5), с остальными образцами представляется некорректным ввиду различного содержания собственно вяжущего вещества в образце, а также возможного искажения «чистоты» рентгенограмм вследствие наличия посторонних примесей в виде обожженных глинистых минералов керамзита. В то же время возможно проследить влияние предварительного водонасыщения на формирование продуктов гидратации, рассматривая водонасыщенный керамзитовый песок как агент внутреннего ухода цементного камня (рис. 4, 5).

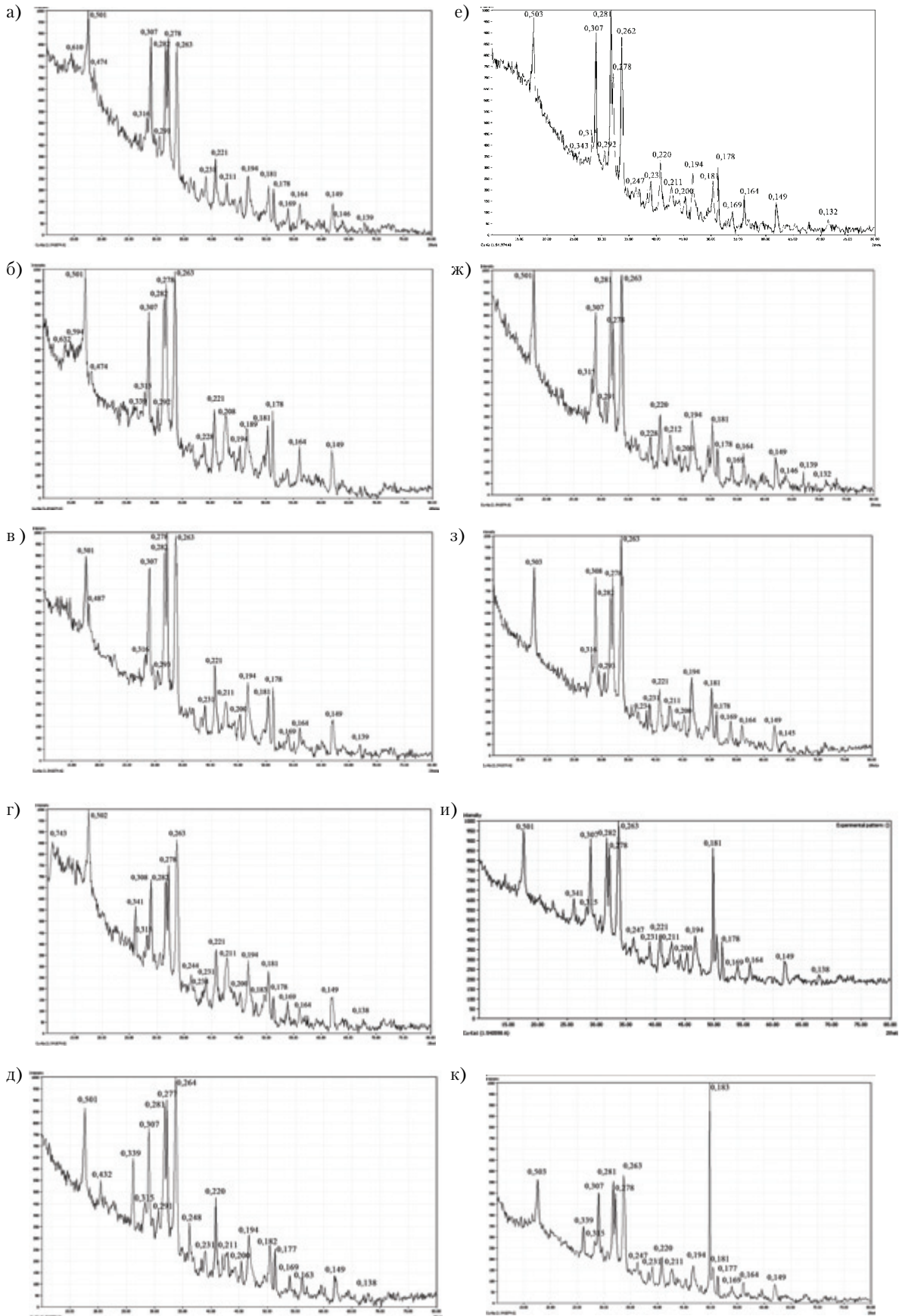


Рисунок 2 – Рентгенограмма образцов камня вяжущего: а)... е) составов № 1–6 в возрасте 3 суток твердения; ж)... к) составов № 2–5 в возрасте 14 суток твердения.

Таблица 2 – Интенсивность дифракционных отражений минералов по данным РФА

2θ	d, нм	Интенсивность									
		1–3	2–3	2–14	3–3	3–14	4–3	4–7	5–3	5–7	6–3
Алит – $54\text{CaO} \cdot 16\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$											
14,93	0,595	176,8	153,6	–	–	51,7	–	–	–	–	135,9
29,97	0,297	135,9	134,1	115,5	173,0	168,0	130,7	129,8	–	65,1	59,8
32,17	0,278	934,3	850,7	617,8	831,5	631,8	709,0	641,7	686,1	559,1	718,8
51,31	0,176	280,4	210,0	152,1	236,2	133,3	201,2	160,8	204,2	134,1	299,6
56,09	0,164	198,7	163,5	133,7	124,8	123,6	125,8	114,7	114,6	110,1	186,2
59,66	0,154	29,7	59,6	48,5	50,6	27,1	45,2	37,7	67,6	47,2	33,8
Портландит – $\text{Ca}(\text{OH})_2$											
17,97	0,493	219,8	50,4	–	183,6	–	37,6	148,5	108,8	145,8	149,6
33,68	0,263	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	800,5	960,3
28,31	0,312	255,7	205,7	291,3	215,5	227,5	180,9	207,2	194,4	152,5	188,7
46,70	0,193	132,1	293,9	329,4	328,0	348,2	351,9	303,7	291,2	216,0	132,4
50,40	0,179	261,4	280,4	290,4	281,8	308,9	341,7	297,4	275,3	211,4	288,8
53,96	0,169	122,7	90,0	106,1	74,9	137,3	111,5	107,0	111,7	84,2	118,6
64,01	0,145	60,9	68,4	87,0	43,7	54,3	64,0	56,0	47,9	45,3	44,6
Гидросиликат кальция $\text{C}_2\text{SH}(\text{II}) - 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$											
28,98	0,307	765,7	558,5	654,5	620,7	632,4	524,1	652,3	571,8	586,9	763,1
45,12	0,200	107,7	94,1	98,5	147,4	121,6	134,3	78,8	110,0	85,9	99,4
49,65	0,183	71,6	154,8	155,0	93,8	308,9	186,5	817,5	189,2	1000	112,2
60,19	0,156	40,2	77,7	47,5	34,2	23,4	52,9	34,3	30,0	37,8	52,3
66,98	0,140	33,4	25,0	24,2	54,7	38,4	56,3	56,3	61,8	64,4	35,4
Гидросиликат кальция $\text{C}_3\text{SH}_2 - 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$											
17,68	0,501	615,5	611,0	521,8	462,7	483,0	744,2	516,8	418,5	468,5	588,5
29,69	0,301	179,7	93,6	204,6	177,7	146,8	180,4	163,2	139,8	109,9	112,7
36,29	0,247	99,1	92,0	89,3	110,7	76,8	102,5	112,9	172,6	136,1	61,5
43,36	0,208	92,8	132,7	111,4	79,1	71,6	158,7	106,7	62,0	39,7	91,6
Гидроалюминат кальция $\text{C}_3\text{AH}_6 - 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$											
31,77	0,281	984,7	794,3	893,3	850,4	644,8	679,1	797,0	785,6	657,7	1000
38,99	0,230	189,4	124,6	149,6	158,7	133,4	142,4	150,6	131,3	117,6	147,0
44,23	0,204	114,2	127,1	83,9	106,5	86,9	122,8	97,9	92,9	75,3	102,9
Этtringит – $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$											
15,85	0,561	176,0	103,7	–	–	39,4	311,6	–	–	–	157,2
19,00	0,469	165,7	–	30,3	–	23,6	148,5	46,0	–	–	114,4
20,09	0,441	41,6	–	26,4	–	–	103,2	55,2	74,1	21,0	93,9
41,87	0,215	49,5	49,6	41,4	66,7	37,0	84,8	48,8	104,2	–	29,3
56,51	0,162	38,1	68,2	54,2	56,3	44,9	48,0	38,8	32,6	21,5	67,5
59,10	0,157	40,2	77,7	47,3	34,2	23,4	52,9	26,9	37,8	30,0	57,2
Брусит – $\text{Mg}(\text{OH})_2$											
18,67	0,475	–	50,4	87,8	49,2	68,9	–	–	97,6	114,8	–
58,20	0,158	–	–	21,9	–	28,1	–	–	14,8	47,5	–

Прослеживается уменьшение интенсивностей основных линий для образцов четвертого и пятого составов с течением времени гидратации от 3 до 7 суток (рис. 4). При этом для образца с предварительно водонасыщенным керамзитом относительная интенсивность линий алита является минимальной в возрасте 7 суток твердения (за 100 % приняты интенсивности всех дифракционных отражений образца состава № 4 в возрасте 3 суток).

С другой стороны, наблюдается рост интенсивностей линий портландита $d = 0,493; 0,312$ нм с развитием гидратации. В то же время, интенсивность линий $d = 0,263; 0,193; 0,179; 0,169$ нм снижается. Это может быть связано со связыванием гидроксида кальция в гидросиликаты кальция, принимая во внимание содержание в песчаной фракции керамзита дисперсных активных алюмосиликатных частиц. Эта реакция значительно интенсифицируется в возрасте 7 суток при наличии источника дополнительной влаги в цементном камне – агента внутреннего ухода в виде предварительно водонасыщенного керамзита, что особенно четко прослеживается по изменению одного из основных пиков гидросиликата кальция $\text{C}_2\text{SH}(\text{II})$ $d = 0,183$ нм (рис. 5).

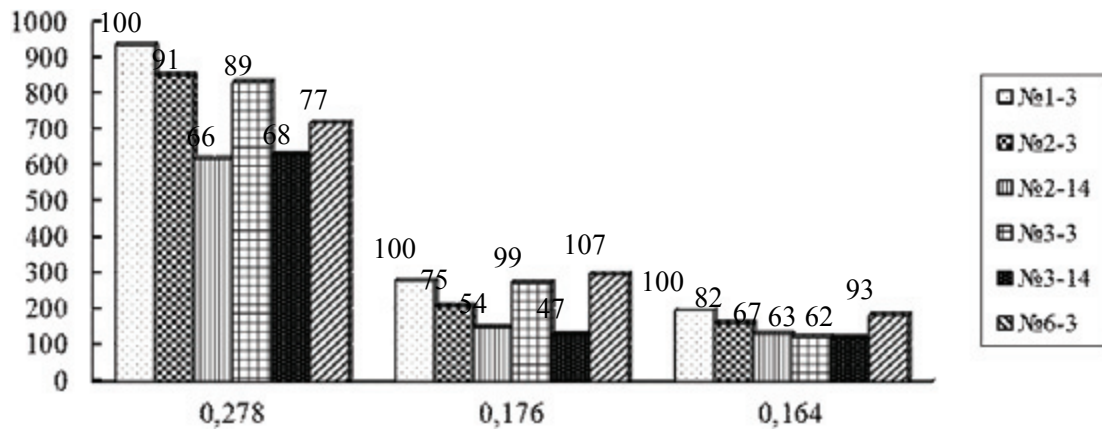


Рисунок 3 – Относительная интенсивность (%) основных линий алита.

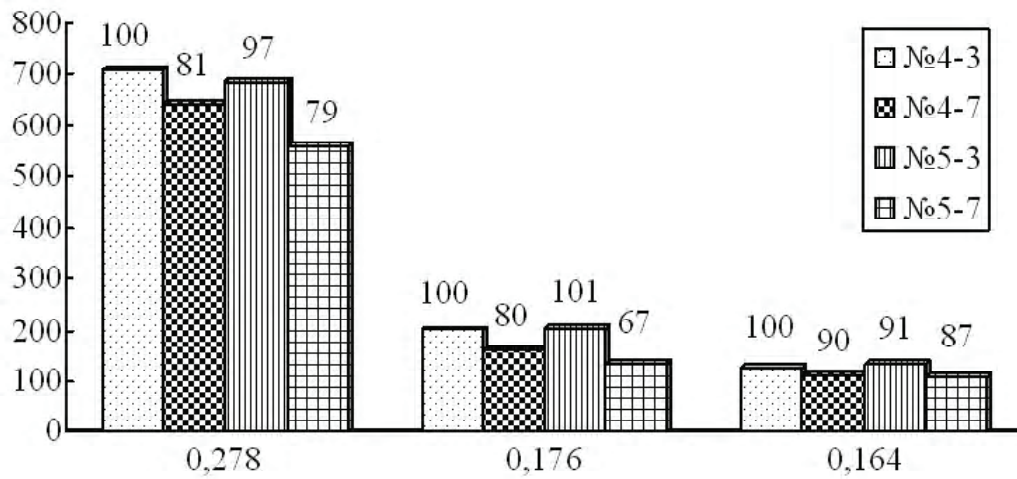


Рисунок 4 – Относительная интенсивность (%) основных линий алита.

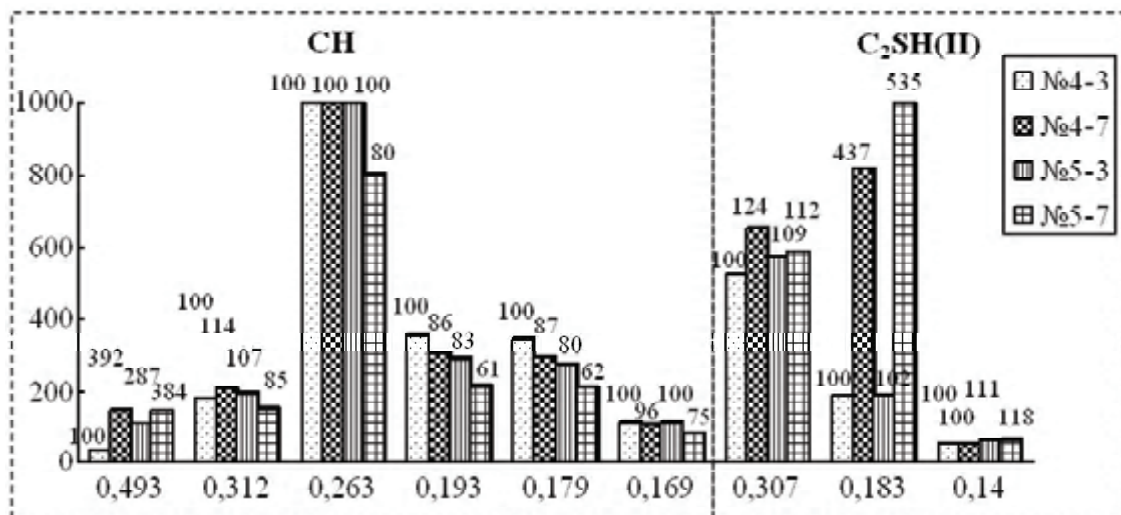


Рисунок 5 – Относительная интенсивность (%) основных линий портландита CH и гидросиликата кальция C₂SH(II).

Наличие агента внутреннего ухода оказывает также положительное влияние на гидратацию оксида магния – идентификация в образцах пятого состава дифракционных отражений брусита $Mg(OH)_2$; $d = 0,475; 0,158$ нм, которые отсутствуют в образцах четвертого состава.

ВЫВОДЫ

Данные РФА свидетельствуют о том, что комплексная органо-минеральная добавка модифицирует состав продуктов гидратации камня вяжущего. Замедляющее действие добавки, снижающей усадку SRA 25, на кинетику роста прочности цементного камня в ранние сроки твердения иллюстрируется снижением интенсивностей дифракционных отражений портландита и эттрингита, а также более высокой интенсивностью линий алита в сравнении с контрольным составом. Показано, что агент внутреннего ухода интенсифицирует гидратацию цементного камня, что прослеживается по росту интенсивностей дифракционных отражений портландита и гидросиликатов кальция, а также гидроксида магния (брусита).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hansen, W. Report on Early-Age Cracking: A summary of the latest document from ACI Committee 231 [Текст] / W. Hansen // Concrete international. – 2011. – Vol. 33, No. 3. – P. 48–51.
2. Troli, R. Shrinkage-Compensating Concretes for Special Structures [Текст] / R. Troli, M. Collepardi // 4th Intern. Conf. on «Non-Traditional Cement & Concretes», June 27–30, 2011 : Proc. / Brno University of Technology, ZPSV, a.s. – Brno (Czech Republic), 2011. – P. 20.
3. Мчедлов-Петросян, О. П. Расширяющиеся составы на основе портландцемента (химия и технология) [Текст] / О. П. Мчедлов-Петросян, Л. Г. Филатов. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1965. – 138 с.
4. SRAs – RECENT STUDIES [Текст] : Report No. CBU-2003-50, REP-543 / By Fethullah Canpolat and Tarun R. Naik ; Center for By-Products Utilization. – Milwaukee : Department of Civil Engineering and Mechanics College of Engineering and Applied Science the University of Wisconsin, 2003. – 18 p.
5. Mo, L. Effects of MgO-based expansive additive on compensating the shrinkage of cement paste under non-wet curing conditions [Текст] / L. Mo, M. Deng, A. Wang // Cement and Concrete Composites. – 2012. – Vol. 34. – P. 377–383.
6. Chen, W. Hydration of mineral shrinkage-compensating admixture for concrete: An experimental and numerical study [Текст] / W. Chen, H. J. H. Brouwers // Construction and Building Materials. – 2012. – Vol. 26. – P. 670–676.
7. Neville, A. M. Properties of Concrete [Текст] / Adam M. Neville. – 4th Edition. – New York : Longman, 1995. – 860 p. – ISBN 0-582-23070-5.
8. Crack-Free Concrete for Outside Industrial Floors in the Absence of Wet Curing and Contraction Joints [Текст] / M. Collepardi, R. Troli, M. Bressan, F. Liberatore, G. Sforza // Cement and Concrete Composites. – 2008. – 30(2). – P. 887–891.
9. Mo, L. Effects of calcination condition on expansion property of MgO-type expansive agent used in cement-based materials [Текст] / L. Mo, M. Deng, M. Tang // Cement and Concrete Research. – 2010. – Vol. 40. – P. 437–446.
10. Effects of shrinkage-reducing admixture in shrinkage compensating concrete [Текст] / M. Collepardi, A. Borsoi, S. Collepardi, J.J. Ogomah Olagot, R. Troli // Concrete International. – 2005. – Vol. 27, No. 10. – P. 1–8.
11. Self-Curing, Shrinkage-Free Concrete [Текст] / M. Collepardi, A. Borsoi, S. Collepardi, R. Troli, M. Valente // Seventh CANMET/ACI Intern. Conf. on Durability of Concrete, 29 May – 2 June 2006 : Proc. / Malhotra, V. M. (ed.). – Montreal (Canada) : ACI Material Journal SP 234-47, 2006. – P. 755–764.
12. Xu, L. Dolomite used as raw material to produce MgO-based expansive agent [Текст] / Xu Lingling, Deng Min // Cem. Concr. Res. – 2005. – Vol. 35. – P. 1480–1485.

Получено 26.02.2016

М. М. ЗАЙЧЕНКО ^а, А. В. НАЗАРОВА ^б, МАРШІ ДІ КОСАЙ САХІБ РАДІ ^с ТВЕРДІННЯ ЦЕМЕНТУ З КОМПЛЕКСНОЮ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЮ РОЗШИРЮВАЛЬНОЮ ДОБАВКОЮ

^а Донбаська національна академія будівництва і архітектури, ^б Луганський національний аграрний університет, ^с Аль Мустакбаль університет, Ірак

Дані рентгенофазового аналізу свідчать про те, що комплексна органо-минеральна добавка модифікує склад продуктів гідратації каменю в'язучого. Уповільнюючий вплив добавки, що знижує усадку SRA 25, на кінетику зростання міцності цементного каменю в ранні терміни твердіння ілюструється зниженням інтенсивностей дифракційних відображень портландиту ($d = 0,493; 0,312; 0,145$ нм) та етрингіту ($d = 0,561; 0,469; 0,215$ нм), а також більш високою інтенсивністю ліній аліту ($d = 0,176; 0,164; 0,154$ нм) у порівнянні з контрольним складом. Показано, що агент внутрішнього догляду інтенсифікує гідратацію цементного каменю, що простежується за зростанням інтенсивностей

дифракційних відображень портландиту та гідросилікатів кальцію, а також гідроксиду магнію (бруситу).

портландцемент, гідратація, суперпластифікатор, добавка, що знижує усадку, агент внутрішнього догляду, портландит, гідросилікати кальцію

NICKOLAY ZAICHENKO ^a, ANTONINA NAZAROVA ^b, MARSHDI KOSAI SAHIB RADI ^c

HARDENING OF CEMENT WITH COMPLEX ORGANIC-MINERAL EXPANDING ADMIXTURE

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Lugansk National Agrarian University, ^c Al Mustaqbal University, Iraq

X-ray diffraction data indicate that the complex organic-mineral admixture modifies the composition of cement paste hydration products. The retarding effect of the shrinkage reducing admixture SRA 25 on the kinetics of growth of cement paste strength at the early stages of hardening is illustrated by decreasing the intensities of the diffraction reflections of Portlandite ($d=0.493, 0.312, 0.145$ nm) and ettringite ($d=0.561, 0.469, 0.215$ nm) and higher intensity of lines of alite ($d=0.176, 0.164, 0.154$ nm) in comparison with the control composition. It was shown that the internal curing agent intensifies hydration of cement paste that can be traced on the growth of the intensities of the diffraction reflections of Portlandite and calcium hydrosilicates as well as magnesium hydroxide (brucite).

Portland cement, hydration, superplasticizer, shrinkage reducing admixture, internal curing agent, Portlandite, calcium hydrosilicates

Зайченко Микола Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: високоміцні бетони на основі комплексних органо-мінеральних модифікаторів.

Назарова Антоніна Василівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри будівництва Луганського національного аграрного університету. Наукові інтереси: бетони з використанням відходів промисловості.

Маршді Косай Сахіб Раді – кандидат технічних наук, викладач Аль Мустақбаль університету (Ірак). Наукові інтереси: модифіковані цементні бетони для будівництва автомобільних доріг.

Зайченко Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: высокопрочные бетоны на основе комплексных органо-минеральных модификаторов.

Назарова Антонина Васильевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры строительства Луганского национального аграрного университета. Научные интересы: бетоны с использованием отходов промышленности.

Маршди Косай Сахиб Раді – кандидат технических наук, преподаватель Аль Мустақбаль университета (Ирак). Научные интересы: модифицированные цементные бетоны для строительства автомобильных дорог.

Zaichenko Mykola – D.Sc. (Eng.), Professor, Head of the Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high-strength and high-performance concretes on the base of organic-mineral modifiers.

Nazarova Antonina – Ph.D. (Eng.), Senior Researcher, Assistant Professor, Construction Department, Lugansk National Agrarian University. Scientific interests: concretes with industrial wastes.

Marshdi Kosai Sahib Radi – Ph.D. (Eng.), lecturer of the Al Mustaqbal University, Iraq. Scientific interests: modified Portland cement concretes for automobile road construction.

УДК 624.012.4:691.32-419

К. В. ТАЛАНТОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА В КОНСТРУКЦИЯХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАСЕЙНОВ

Показаны сложные гидрогеологические условия эксплуатации ванны индивидуального плавательного бассейна. Рассмотрены варианты конструктивных решений ванн, в том числе из композиционного стеклопластика, монолитного железобетона, а также композита-сталефибробетона. Представлены преимущества применения конструкционного материала – сталефибробетона в конструкциях ванн бассейнов, которые обладают, по сравнению с типовыми аналогами, более высокими технико-экономическими показателями и составляют им серьезную конкуренцию. Применение сталефибробетона в конструкциях индивидуальных плавательных бассейнов позволит упростить технологию возведения, сократить сроки строительства и повысить их надежность и долговечность. Показано решение задачи снижения материалоемкости элементов конструкций ванн бассейнов, что приводит к сокращению трудоемкости их изготовления, транспортировки и монтажа.

индивидуальный плавательный бассейн, конструкция чаши, сталефибробетон, фибра стальная, эффективность, прочность, жесткость, технологичность, долговечность, технико-экономические показатели

Стремительно увеличивающийся рост числа многоэтажных жилых домов в центре крупных городов ведет к повышению их стоимости, что подталкивает граждан сделать выбор в пользу малоэтажного пригородного или загородного места проживания. Помимо этого, современный человек всё больше стремится к покою и гармонии с природой, в отрицание шумному и загрязненному мегаполису.

Жилая среда должна обладать функциональностью и комфортом, поскольку является местом отдыха человека. Привлекательным в этом смысле является небольшой плавательный бассейн на приусадебной территории, который вносит оживление в композицию участка, а его функциональное использование оказывает оздоровительное и лечебно-профилактическое воздействие на человека. Живительная прохлада воды бассейна особенно необходима в летний период, времени отпусков и каникул, а также является важным аксессуаром бань и саун. Актуальность строительства индивидуальных плавательных бассейнов ставит задачу поиска экономичных и быстровозводимых конструкций с применением современных, долговечных и надежных решений.

Конструкции бассейнов эксплуатируются в сложных гидрогеологических условиях (рисунок 1). Изнутри на чашу действует гидростатическое давление воды (3). Снаружи чаша обсыпана влажным грунтом и, в зависимости от плотности, типа грунта и вертикальной нагрузки на грунт (4) создаёт боковое давление на её стенки (1).

Бассейны, располагающиеся на открытом воздухе, а также в уровне первого, цокольного и подвального этажей, опираются днищем непосредственно на грунт (2). В условиях сурового климата, на конструкции бассейнов открытого типа действуют, кроме того, силы морозного пучения и отрицательные температуры.

При проектировании подобного рода сооружений необходимо учитывать вышеперечисленные факторы. Выбор конструкции чаш должен осуществляться на основе прочностных, жесткостных, технологических, эксплуатационных, экономических и архитектурных требований. Обязательным условием этого выбора является долговечность и экологичность конструкции.

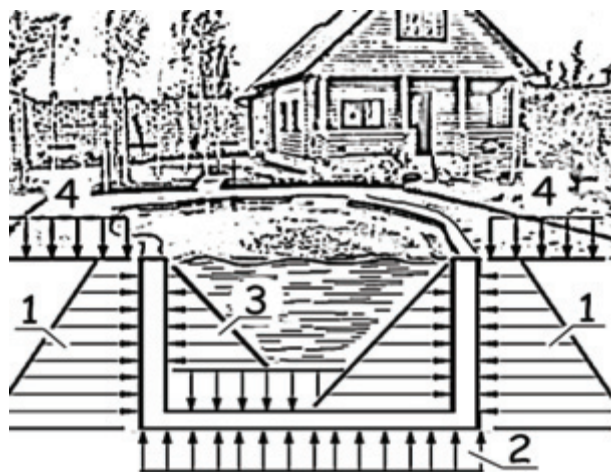


Рисунок 1 – Схема нагрузок, действующих на чашу бассейна в процессе эксплуатации.

Материалы конструкций

В советское время бассейны предназначались в основном для спортивных и лечебных целей и возводились в ограниченном количестве с размерами чаш на плане 25×21 м для спортивных бассейнов. Ванны изготовлялись из монолитного или сборного железобетона (ЖБ) и опирались, в большинстве своём, на балочную конструкцию, которая передавала нагрузку на колонны и далее на фундамент. Железобетонные варианты конструкций бассейнов и в настоящее время являются самыми распространенными, однако их применение в небольших сооружениях не совсем оправдано в связи с большими удельными материальными затратами. В последние годы потребность в большом числе бассейнов, в том числе индивидуальных, выросла, что стало предпосылкой разработки более совершенных конструкций и технологий их возведения.

В настоящее время потребителям предлагается большое разнообразие конструктивных решений чаш бассейнов. Западные производители активно поставляют на рынок легкие и изящные конструкции, как правило, в виде ванн небольших размеров, выполненных из композиционного стеклопластика (например, кок-полиэстера), или в виде пленочного покрытия, натягиваемого на стальной каркас (наземный вариант). Такие конструкции мобильны и легки, обладают хорошими эксплуатационными качествами и не требуют большого времени на подготовительные работы, однако имеют существенные недостатки. Ванны не обладают той функциональной гибкостью, которой обладают железобетонные чаши. Они имеют строго оговоренные размеры и формы, устанавливаются только на открытом воздухе, не всегда вписываются в архитектурную композицию участка, требуют специального оборудования для их обслуживания.

На сегодняшний день сохраняется тенденция использования монолитного железобетона в качестве материала конструкции ванны бассейна. Такой вариант позволяет воплотить любые желания заказчика, создать любые формы и размеры, применять любые архитектурные элементы (например, римскую лестницу). Такой бассейн может располагаться как внутри здания, так и снаружи, иметь любую отделку чаши: от простой покраски до мозаичного панно и мраморной плитки. Эти конструкции проверены временем и на сегодняшний день являются самыми распространенными.

Классический бетон, как конструкционный материал, обладает существенными недостатками, проявляющимися в его низкой трещиностойкости и прочности на растяжение. Необходимость введения стальной арматуры в элементы конструкций, в том числе предварительно напряженной для обеспечения требований I категории трещиностойкости, не всегда доступно в индивидуальном строительстве. Особенности проектирования железобетонных конструкций подразумевают большое количество арматурных элементов в виде сеток, каркасов и закладных деталей, что приводит к увеличению трудоемкости их возведения и материалоемкости.

В качестве альтернативного решения для устранения вышеперечисленных недостатков железобетонных конструкций предлагается использовать в элементах конструкций плавательных бассейнов композиционный материал – сталефибробетон (СФБ).

Сталефибробетон

Сталефибробетон представляет собой бетон армированный произвольно или упорядочено стальными волокнами (фибрами) [2, 3, 4]. Введение стальной фибры качественно изменяет структуру бетона-матрицы на микро- и макроуровне, что проявляется в прочностных и деформативных характеристиках СФБ, которыми можно управлять и задавать в соответствии со статической (динамической) работой конструкции. Одним из достоинств СФБ является его высокая трещиностойкость, при этом материал обладает водонепроницаемостью, морозо- и износостойкостью, кавитационной и коррозионной стойкостью, которые у СФБ в несколько раз выше, чем у обычного железобетона. Это очень важно для конструкций ванн плавательных бассейнов, эксплуатируемых в сложных гидрогеологических условиях (рисунок 1) [2].

Как показывает опыт исследований и строительства ряда зарубежных стран (Бельгии, Австралии, США, Японии и др.) СФБ продемонстрировал высокие эксплуатационные характеристики в конструкциях автодорожных и аэродромных покрытий, гидротехнических сооружений, в качестве огнеупорных футеровок, превзойдя железобетон по долговечности в несколько раз [3, 4, 5].

Преимущества использования сталефибробетона

Применение СФБ в конструкциях ванн индивидуальных бассейнов позволяет снизить объем бетонных работ, уменьшить массивность сооружения (снижение высоты сечения элементов может составить 30...50 %), частично или полностью отказаться от арматурных работ, уменьшив трудоемкость на 20...40 %, повысить долговечность сооружения в 2–5 и более раз (рисунок 2) [6, 7, 8].

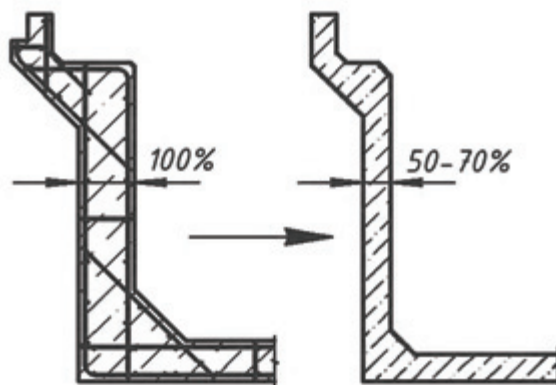


Рисунок 2 – Сечения стенки ванны бассейна: железобетонное (слева) и сталефибробетонное (справа).

При проектировании сталефибробетонных (сталефиброжелезобетонных) конструкций целесообразно выбирать объемный коэффициент фибрового армирования μ_{IV} в соответствии с максимальным нормальным напряжением растяжения σ_{tmax} , полученным в результате статического расчета с помощью программных средств, реализующих метод конечных элементов (BK SCAD, Лира и др.). По величине σ_{tmax} с помощью программы (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012619865 от 31.10.2012) в зависимости от принятого типа фибр и геометрии сечения можно определить минимальный относительный коэффициент расхода фибр на растяжение k_{fbt} [9] и соответствующие ему параметры фибрового армирования: μ_{IV} , d_f , l_f/d_p , R_{sf} а также R_b .

Далее, на основе картин полей напряжений, полученных в результате статического расчета конструкции с помощью программных средств (рисунок 3), разработать схему армирования фибрового и, при необходимости, регулярного.

Так для индивидуального плавательного бассейна с размерами на плане $L \times B = 10 \times 6$ м, глубиной $H = 2$ м, высотой сечения стенки $h = 0,2$ м принято зонное монодисперсное армирование стальной фиброй из листа диаметром $d_f = 0,5$ мм, длиной $l_f = 60$ мм, с расчетным сопротивлением $R_{sf} = 400$ МПа. В результате статического расчета продольных и поперечных стен, а также дна ванны получены максимальные напряжения в опасных сечениях от наиболее невыгодного сочетания нагрузок. В зонах с $\sigma_{tmax} = 1,28$ МПа достаточен минимально допустимый объемный коэффициент фибрового армирования $\mu_{IV} = 0,005$, что обеспечивает класс СФБ по прочности на сжатие $B_f 20$, с расчетным сопротивлением сжатию $R_{fb} = 13,20$ МПа и растяжению $R_{fbt} = 1,79$ МПа. В зонах с $\sigma_{tmax} = 1,9$ МПа необходимо увеличить μ_{IV} до 0,0075 с характеристиками $R_{fb} = 16,75$ МПа, $R_{fbt} = 2,03$ МПа, что соответствует $B_f 25$.



Рисунок 3 – Картина полей напряжений в продольной стенке бассейна (слева), схема зонного фибрового армирования в соответствии с картинами полей напряжений (справа).

ВЫВОДЫ

Принятое фибровое армирование (с конструктивной регулярной арматурой в зонах вутов) обеспечивает предъявляемые к СФЖБ ванне бассейна требования по 2-м группам предельных состояний, в том числе требования первой категории трещиностойкости.

Зонное монодисперсное фибровое армирование за счет распределения стальной фибры в соответствии с картинами полей напряжений, полученных средствами ВК SCAD (рисунок 3), обеспечило снижение расхода фибр по сравнению с монодисперсным армированием – на 11 %.

Применение СФБ позволило снизить расход бетона на ванну бассейна по сравнению с ЖБ вариантом на 23,5 %, арматуры – на 18 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясный, Г. В. Спортивные бассейны [Текст] / Г. В. Ясный. – М. : Стройиздат, 1975. – 170 с.
2. Талантова, К. В. Сталефибробетон и конструкции на его основе [Текст] / К. В. Талантова, Н. М. Михеев. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – 276 с.
3. Лысенко, Е. Ф. Проектирование сталефибробетонных конструкций [Текст] : Учеб. пособие / Е. Ф. Лысенко, Г. В. Гетун. – К. : УМК ВО, 1989. – 184 с.
4. Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции [Текст] : монография / Ф. Н. Рабинович. – М. : АСВ, 2004. – 560 с.
5. Johnston Colin D. Steel fibre – reinforced concrete-present and future in engineering construction [Текст] / Colin D. Johnston // Composites. – 1982. – V. 13, № 2. – P. 113–121.
6. Ааруп, Д. SRC – Сферы применения высокоэффективного фибробетона [Текст] / Д. Ааруп // СРІ – Международное бетонное производство. – 2007. – № 4. – С. 108–115.
7. Fibrecrete properties. Pavement design [Текст] / Aquila Steel Company Ltd. – Revesby, NSW 2212. – Australia, 1983. – 20 p.
8. Walraven, J. The evolution of concrete [Текст] / J. Walraven // Structural Concrete. – 1999. – Vol. 1, № 1. – P. 3–11.
9. Талантова, К. В. Оптимизация расхода стальной фибры при проектировании конструкций на основе сталефибробетона [Текст] / К. В. Талантова // Известия вузов. Строительство. Новосибирск. – 2014. – № 8. – С. 99–106.

Получено 29.02.2016

К. В. ТАЛАНТОВА

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ У
КОНСТРУКЦІЯХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПЛАВАЛЬНИХ БАСЕЙНІВ

Федеральна державна бюджетна освітня установа вищої професійної освіти «Петербурзький державний університет шляхів сполучення імператора Олександра І»

Показано складні гідрогеологічні умови експлуатації ванни індивідуального плавального басейну. Розглянуто варіанти конструктивних рішень ванн, у тому числі з композиційного склопластику, монолітного залізобетону, а також композиту-сталефібробетону. Представлені переваги застосування конструкційного матеріалу – сталефібробетону в конструкціях ванн басейнів, що мають, в порівнянні з типовими аналогами, більш високі техніко-економічні показники і складають їм серйозну конкуренцію. Застосування сталефібробетону в конструкціях індивідуальних плавальних басейнів дозволить спростити технологію зведення, скоротити терміни будівництва і підвищити їх надійність і довговічність. Показано рішення задачі зниження матеріаломісткості елементів конструкцій ванн басейнів, що приводить до скорочення трудомісткості їх виготовлення, транспортування і монтажу. **індивідуальний плавальний басейн, конструкція чаші, сталефібробетон, фібра сталава, ефективність, міцність, жорсткість, технологічність, довговічність, техніко-економічні показники**

CLARA TALANTOVA
PROSPECTS OF APPLICATION OF STEEL FIBER CONCRETE IN THE
CONSTRUCTION OF INDIVIDUAL SWIMMING POOLS

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University»

The complex hydrogeological conditions of operation of the bath of individual swimming pool have been shown. The options of constructive solutions to the baths, including composite fiberglass, reinforced concrete and composite-steel fiber concrete have been considered. The advantages of using a structural material – steel fiber concrete in the construction of baths, having, in comparison with the model analogues, higher technical and economic indicators and constitute serious competition have been presented. Application of steel fiber concrete in the construction of individual swimming pools will simplify the technology of construction, to reduce construction time and increase their reliability and durability. It has been given the solution of the problem of reducing the consumption of materials of structural elements of the baths, which reduces the complexity of their manufacture, transportation and installation.

individual swimming pool, design bowls, steel fiber concrete, steel fiber, performance, strength, stiffness, manufacturability, durability, technical and economic indicators

Талантова Клара Василівна – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри будівельних конструкцій федеральної державної бюджетної освітньої установи вищої професійної освіти «Петербурзький державний університет шляхів сполучення імператора Олександра I». Почесний працівник вищої професійної освіти РФ. Наукові інтереси: розрахунок і конструювання залізобетонних і кам'яних конструкцій; розробка та експериментально-теоретичні дослідження будівельних конструкцій на основі будівельного композиту – сталевібробетону. Розробка і участь у розробках нормативних документів з проектування сталевібробетонних і сталевіброзалізобетонних (комбінованих) конструкцій.

Талантова Клара Васильевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительных конструкций федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Научные интересы: расчет и конструирование железобетонных и каменных конструкций; разработка и экспериментально-теоретические исследования строительных конструкций на основе строительного композита – сталефибробетона. Разработка и участие в разработках нормативных документов по проектированию сталефибробетонных и сталефиброжелезобетонных (комбинированных) конструкций.

Talantova Clara – D.Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor, Building Constructions Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University». Honorary worker of higher professional education of the Russian Federation. Scientific interests: calculation and design of reinforced concrete and stone constructions; development and experimental and theoretical studies of building structures based on the construction of a composite – steel fiber concrete. Development and participation in development of normative documents for the design of steel fiber concrete and steel fiber reinforced concrete of (combined) structures.

УДК 666.974.2

А. Н. ЕФРЕМОВ, Т. П. КИЦЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГНЕУПОРНЫХ ВЯЖУЩИХ И БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА

Проведен теоретический анализ возможных путей повышения термомеханических свойств гидравлических щелочных вяжущих и бетонов на их основе. Сформулированы основные методологические принципы повышения огнеупорности, температуры деформации под нагрузкой и прочности огнеупорных бетонов на вяжущих, основой которых является жидкое стекло или его аналоги.

огнеупорность, вяжущие, бетоны, жидкое стекло

В процессе нагрева камень вяжущих гидратационного твердения претерпевает ряд физико-химических и структурно-фазовых изменений. Эти изменения связаны с удалением свободной воды при сушке и адсорбированной воды при температуре 110...500 °С. В температурном интервале 500–800 °С происходит удаление химически связанной воды и перекристаллизация гидратных образований в безводные минералы.

Испарение свободной воды при сушке сопровождается уплотнением и существенным упрочнением камня всех минеральных вяжущих. Удаление адсорбированной воды, как правило, не вызывает существенных изменений структуры и свойств камня затвердевших и высушенных вяжущих. Бетоны претерпевают незначительные усадку и разупрочнение (реже – упрочнение) [1, 2].

Более существенное влияние на бетон оказывают дегидратация и перекристаллизация гидратных соединений в безводные минералы, сопровождающиеся чаще всего потерей прочности вяжущей матрицы. При этом для гидросиликатов характерна общая тенденция – при увеличении степени полимеризации кремнекислородных молекул перестройка структуры сопровождается меньшей деструкцией безводных силикатов, относительная прочность камня вяжущих (R_{800} / R_{110}) растет. Для гидросиликатов кальция это установлено в работе Л. Геллер [3]. На общую тенденцию минимизации дегидратационной деструкции минералов при переходе от островных к каркасным силикатам указывал академик Н. В. Белов [4]. Этим объяснена высокая остаточная прочность шлакощелочных вяжущих с добавкой шамота [5]. На кристаллохимическое подобие гидросиликатов и продуктов их дегидратации как одного из основных факторов получения высокой прочности дегидратированных щелочных жаростойких бетонов указано в работах П. В. Кривенко [6].

При более высоких температурах появляются эвтектические расплавы, низкотемпературные минералы перекристаллизуются в высокотемпературные модификации в неравновесных системах за счет твердофазовых реакций, а чаще через расплав образуются новые минералы. Это сопровождается растворением и рекристаллизационными процессами переноса вещества от наиболее дисперсных минералов и реликтовых зерен вяжущего к более крупным кристаллитам. При соответствующем вещественном составе неравновесной системы температура плавления эвтектических расплавов может повышаться (или наоборот). Образуется новая керамическая связка, которая и определяет эксплуатационные свойства огнеупорного бетона. Понятно, что знание закономерностей этих процессов позволяет управлять структурой и фазовым составом вяжущей матрицы, а значит и эксплуатационными свойствами бетона.

При высоких температурах только кристаллические образования способны сопротивляться термическим и механическим напряжениям. Ввиду низкой огнеупорности и неизбежности образования легкоплавких эвтектик при температурах выше $1\ 000\text{--}1\ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, щелочные каркасные, цеолитоподобные минералы не могут выполнять роль связки для огнеупорных бетонов. Для таких бетонов необходима керамическая связка, образованная в результате кристаллизации и рекристаллизации огнеупорных минералов за счет соответствующих добавок наполнителей.

Образованию огнеупорных минералов в камне щелочных вяжущих при средних температурах, до появления критического количества расплава, должен способствовать ряд факторов. Во-первых, структура новообразования щелочных вяжущих, твердеющих при атмосферном давлении, отличается высокой степенью аморфизации [7, 8] и подобна стеклу.

При нагревании силикатных стекол до температур около $550\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдаются аномальные изменения, связанные со скачкообразным ростом электропроводности и снижением вязкости стекла за счет диффузии катионов натрия [9, 10]. В работе [5] установлено, что аналогично обычному стеклу деформированные, ослабленные связи Na-O-Si- , слабая ионная связь мостиковых анионов кислорода с катионами натрия [4, 9, 10] влечет скачкообразный рост подвижности катионов натрия (электропроводности) в аморфизированных продуктах твердения шлакощелочных вяжущих при температуре выше $550\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Если допустить по аналогии со стеклом, что катионы натрия в аморфных продуктах твердения типа $\text{Na}_2\text{O-CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ сконцентрированы в пустотах силикатной сетки или каркаса, то резкое увеличение их подвижности будет вести к переводу натрия в более устойчивую связь с немостиковым кислородом и распаду сложных силикатных анионов [10]. При этом должна увеличиться подвижность, гибкость и способность силикатных анионов к перестройке структуры [4, 9], в том числе под действием более сильных в ионном отношении катионов металлов с большей валентностью [4, 11].

Продукты твердения щелочных вяжущих при температуре выше $550\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ должны проявлять высокую химическую активность по отношению к наполнителям, инертным к ним при более низких температурах. Это предположение подтверждается данными, приведенными в работе [12], в которой показано, что в щелочносиликатной жидкой фазе даже очень стабильный корунд начинает растворяться при температуре около $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В той же работе [5] нами показано, что введение наполнителей, активных по отношению к щелочи, и изотермический прогрев при температуре выше $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ в значительной степени снижает электропроводность, например, камня алюмосиликатных вяжущих. Причиной этого является более прочное связывание катионов натрия в структуры, подобные альбиту и нефелину, кристаллизация которых, согласно П. В. Кривенко [6], начинается при температуре $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, но наиболее полно идет при $800\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6, 13, 14].

Таким образом, интервал температур $600\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{C}$, «опасный» с точки зрения дегидратации и разупрочнения продуктов твердения, одновременно является потенциально реакционноблагоприятным не только для образования щелочных алюмосиликатов, но и замены ослабленных, деформированных связей Na-O-Si- на более сильные, например Mg-O-Si- . Введение в щелочные вяжущие соответствующих огнеупорных наполнителей, особенно аморфизированных, уже при этих средних температурах должно способствовать упорядочению структуры щелочных алюмосиликатов и щелочно-щелочеземельных силикатов, образованию керамической связки за счет кристаллизации более огнеупорных фаз. Последнее особенно важно, т.к. при температурах $1\ 000\text{--}1\ 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно ожидать полный переход силикатов систем $\text{Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ и $\text{Na}_2\text{O-CaO-SiO}_2$ в расплав [15].

При прогнозировании количества и состава щелочносиликатного расплава можно интенсифицировать процессы образования огнеупорных кристаллических фаз. Появление небольшого количества эвтектических расплавов будет способствовать перекристаллизации неравновесных кристаллических фаз наполнителей, рекристаллизации и спеканию его наиболее дисперсных зерен. На это указывают работы Г. В. Куколева с сотрудниками [16–18], в которых установлено, что введение до $1,5\%$ Na_2O улучшает спекание алюмосиликатной и корундовой керамики, хотя для последней щелочные минерализаторы не являются лучшими [16, 19]. Использование большего количества добавок щелочного оксида ведет к переводу значительного количества кремнезема в расплав и распаду муллита на корунд [20, 21].

Благоприятное влияние небольшого количества расплава (стекла) на огнеупорные футеровки связано еще с тем, что тонкие структурированные прослойки между кристаллами основных фаз диспергируют кристаллические образования, практически не ослабляя связь между ними. В этом

случае релаксируются межкристаллитные напряжения, возрастает механическая прочность и термостойкость материала [22]. Существенное влияние на повышение термостойкости алюмосиликатов должно оказывать и то, что высоковязкие [23, 24] расплавы системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ способны к значительному переохлаждению [25] и способствуют релаксации температурных напряжений при резком охлаждении в широком температурном интервале.

В заключение следует указать еще на один важный аспект повышения термомеханических свойств огнеупорных бетонов – соотношение между компонентами. Скорость нагрева, принятая при определении огнеупорности, должна обеспечить полное химическое взаимодействие между зернами компонентов, имеющих размер менее 0,2 мм. В этом случае для перераспределения плавней между большим количеством реакционного материала необходимо использовать как можно более тонкозернистые заполнители и увеличить расход тонкомолотых составляющих вяжущего. Это можно делать в ущерб исходной прочности бетона, тем более, что футеровка многих теплоагрегатов в металлургии, коксохимии перед пуском в эксплуатацию прогревается до температуры 800 °С и выше. Бетоны таких футеровок до сушки могут иметь невысокий предел прочности при сжатии – до 3...5 МПа, что достаточно для транспортирования изделий, распалубки монолитных футеровок, сопротивления бетона температурным и усадочным напряжениям.

Таким образом, можно сформулировать следующие основные методологические принципы повышения термомеханических свойств огнеупорных щелочных вяжущих и бетонов:

- для растворов щелочных силикатных и алюминатных компонентов применять отвердители, не содержащие плавни по отношению к оксидам, определяющим огневые свойства конкретной огнеупорной системы;
- вводить в состав вяжущего наполнители, способные образовывать с остальными компонентами огнеупорные кристаллические соединения при средних температурах 600...900 °С до появления равновесных эвтектических расплавов;
- количество эвтектических расплавов должно обеспечить последовательное растворение и рекристаллизацию наполнителей, но не должно превышать критического значения, при котором может произойти деформация бетона под стандартной нагрузкой 0,2 МПа;
- при назначении состава бетона руководствоваться необходимостью расхода отвердителей, наполнителей и мелкого заполнителя с максимальным содержанием частиц размером менее 0,2 мм при условии получения бетона с исходной прочностью не менее 3...5 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, К. Д. Жароупорный бетон [Текст] / К. Д. Некрасов. – М. : Промстройиздат, 1957. – 283 с.
2. Тарасова, А. П. Жаростойкие вяжущие на жидком стекле и бетоны на их основе [Текст] / А. П. Тарасова. – М. : Стройиздат, 1982. – 132 с.
3. Геллер, Л. Термическое разложение гидросиликатов кальция [Текст] / Л. Геллер // Третий международный конгресс по химии цемента / Под ред. Ю. М. Бутта, С. М. Рояка. – М. : Госстройиздат, 1958. – С. 157–162.
4. Белов Н. В. Кристаллохимии силикатов с крупными катионами [Текст] / Н. В. Белов. – М. : АН СССР, 1961. – 68 с.
5. Ефремов, А. Н. Шлакощелочные вяжущие и бетоны с повышенными жаростойкими свойствами [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Ефремов А. Н. ; Киевский инж.-строит. ин-т. – К., 1981. – 22 с.
6. Кривенко, П. В. Кислотостойкие материалы на основе щелочных алюмосиликатных связей [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.484 / Кривенко П. В. ; Киевский инж.-строит. ин-т. – К., 1971. – 22 с.
7. Krivenko, P. Hydration-Dehydration Structure Formation Processes in Geo-cements [Текст] / P. Krivenko, G. Kovalchuk // Geopolymer Binders – Interdependence of composition, structure and properties. Workshop Proceedings, 18–19.09.2006, Weimar / Anja Buchwald, Katja Dombrowski, Marcel Weil (Eds.). – Aachen : Shaker Verlag, 2007. – P. 97–118.
8. Progress on Research and Commercialisation of Geopolymers [Текст] / J. S. J. Van Deventer, J. L. Provis, C. A. Rees [et al.] // 2007 International Conference «Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization» : Proceedings / Zeithamlova Milena (editor). – Praha : Czech development Agency, 2007. – P. 725–734.
9. Белов, Н. В. Строение стекла в свете кристаллохимии силикатов [Текст] / Н. В. Белов // Стеклообразное состояние / Под ред. А. И. Августинник, В. П. Барзаковский и др. – М. ; Л. : Изд. АН СССР, 1960. – С. 91–98.
10. Аппен, А. А. Химия стекла [Текст] / А. А. Аппен. – Л. : Химия, 1970. – 351 с.
11. Ферсман, А. Е. Избранные труды [Текст]. Т. 2 / А. Е. Ферсман. – М. : АН СССР, 1953. – 768 с.
12. Филоненко, Н. Е. Контактное минералообразование в корундовом абразивном черепке [Текст] / Н. Е. Филоненко // Труды Четвертого Совещания по экспериментальной минералогии и петрографии [Текст]. Вып. 1: [Предварительные сообщения] / [Глав. ред. акад. Д. С. Белянкин] ; Акад. наук СССР. Ин-т геол. наук. – М. : АН СССР, 1951. – С. 123–128.

13. Глуховський, В. Д. Про кристалізацію карнегіїту [Текст] / В. Д. Глуховський, І. Ю. Петренко, Ж. В. Скурчинська // Доп. АН УРСР. Сер. Б. – 1969. – № 9. – С. 822–823.
14. Глуховский, В. Д. Исследование силикатообразования в смесях глин, кварцевого песка и соды [Текст] / В. Д. Глуховский, Е. А. Старчевская, П. В. Кривенко // Украинский химический журнал. – 1969. – Т. 35, Вып. 4. – С. 433–435.
15. Бережной, А. С. Многокомпонентные щелочные оксидные системы [Текст] / А. С. Бережной. – К. : Наукова думка, 1988. – 200 с.
16. Куколев, Г. В. Исследование процесса спекания глинозема в различных системах [Текст] / Г. В. Куколев, Е. Н. Лева // Журнал прикладной химии. – 1955. – Т. XXVIII. – С. 807–816.
17. Куколев, Г. В. К вопросу о процессах спекания в различных трехкомпонентных диаграммах состояния смесей, богатых глиноземом и кремнеземом [Текст] / Г. В. Куколев, К. В. Михайлова // Сб. науч. тр. Украинского НИИ огнеупоров. – Харьков : Metallurgizdat, 1962. – Вып. 6. – С. 81–90.
18. Куколев, Г. В. Физико-химические методы ускорения спекания каолинов при обжиге [Текст] / Г. В. Куколев, К. В. Михайлова // Сб. науч. тр. Украинского НИИ огнеупоров. – Харьков : Metallurgizdat, 1960. – Вып. 3. – С. 50–69.
19. Лукин, Е. С. Особенности выбора добавок в технологии корундовой керамики с пониженной температурой спекания [Текст] / Е. С. Лукин, Н. А. Макаров // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – № 9. – С. 10–13.
20. Кашеев, И. Д. Коррозия муллитовой керамики натрийсодержащими силикатными расплавами [Текст] / И. Д. Кашеев, П. С. Мамыкин, М. Бартушка // Огнеупоры. – 1975. – № 11. – С. 39–43.
21. Устиченко, В. А. Влияние TiO₂, FeO и NaO на структурные изменения плавленного муллита [Текст] / В. А. Устиченко, С. В. Лысак, З. Д. Жукова // Огнеупоры. – 1983. – № 10. – С. 3–8.
22. Павлушкин, Н. М. Основы технологии ситаллов [Текст] / Н. М. Павлушкин. – М. : Стройиздат, 1970. – 352 с.
23. Роусон, Г. Неорганические стеклообразующие системы [Текст] / Г. Роусон. – М. : Мир, 1970. – 312 с.
24. Ермолаева, Е. В. Смачивание твердых фаз огнеупорных окислов равновесными трехкомпонентными расплавами [Текст] / Е. В. Ермолаева, М. М. Миракьян // Сб. научн. тр. Вып. 4(LI) / Украинский НИИ огнеупоров. – Харьков : Metallurgizdat, 1960. – С. 318–331.
25. Зависимость свойств шамота от режима обжига брикета [Текст] / Н. В. Питак, Р. М. Федорук, Т. П. Хмеленко [и др.] // Огнеупоры. – 1982. – № 3. – С. 22–26.

Получено 01.03.2016

О. М. ЄФРЕМОВ, Т. П. КИЦЕНКО
МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМОМЕХАНІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕТРИВКИХ В'ЯЖУЧИХ ТА БЕТОНІВ НА ОСНОВІ
РІДКОГО СКЛА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Проведено теоретичний аналіз можливих шляхів підвищення термомеханічних властивостей гідравлічних лужних в'язучих та бетонів на їх основі. Сформульовано основні методологічні принципи підвищення вогнетривкості, температури деформації під навантаженням і міцності вогнетривких бетонів на в'язучих, основою яких є рідке скло або його аналоги.

вогнестійкість, в'язучі, бетони, рідке скло

OLEXANDER YEFREMOV, TATYANA KITSENKO
METHODOLOGICAL BASIS FOR THE IMPROVEMENT OF
THERMOMECHANICAL PROPERTIES OF REFRACTORY BINDERS AND
CONCRETES BASED ON LIQUID GLASS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

A theoretical analysis of possible ways of improving thermomechanical properties of alkali hydraulic binders and concretes on their basis has been carried out. Basic methodological principles of increase of heat-resistance, temperatures of deformation on-loading and durability of heat-resistant concretes, are set forth on astringent one, basis of that is liquid glass or his analogues.

refractoriness, binders, concretes, liquid glass

Єфремов Олександр Миколайович – д. т. н., професор кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: в'язучі і бетони на основі промислових відходів; жаростійкі і вогнетривкі бетони.

Киценко Тетяна Петрівна – к. т. н., доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Ефремов Александр Николаевич – д. т. н., профессор кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов; жаростойкие и огнеупорные бетоны.

Киценко Татьяна Петровна – к. т. н., доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Yefremov Olexander – D.Sc. (Eng.), Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste; heat-resistant concretes.

Kitsenko Tatyana – Ph.D. (Eng.), Assistant Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fire-resistant binders and concretes.

УДК 666.972.53

С. Г. НИКОЛЬСКИЙ, О. Н. ПЕРЦЕВА

Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого

УСКОРЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Обоснование экспресс-метода определения морозостойкости пористого материала, в том числе и бетонных образцов, путем повышения информативности их испытания. В данном исследовании предложен и обоснован новый ускоренный метод определения пористых материалов. Предложенная технология измерения морозостойкости пористых материалов основана на зависимости энергии разрушения, выделенной после механического сжатия образцов, и энергии, выделяемой после термоциклирования. Для проверки корректности способа были испытаны образцы в возрасте 88 суток. Испытания проводились по новому предложенному методу и по базовому методу определения морозостойкости. Расхождение результатов с базовым методом составило 5,3 %, что доказывает корректность способа и возможность внедрения его в более широкое практическое использование.

бетон, морозостойкость, дилатометрический метод, экспресс-метод, термоциклирование, неразрушающий метод

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время при производстве цементных бетонов всё чаще используются различные химические добавки. Следовательно, свойства бетона и бетонной смеси зависят не только от таких базовых параметров, как вид цемента [1], вид заполнителя, водоцементное отношение и т. д., но и от наличия и вида добавок [2]. Их использование позволяет улучшить необходимые свойства бетонных смесей и бетонов [3], в частности удобоукладываемость, прочность, водонепроницаемость, морозостойкость [4]. Таким образом, для облегчения внедрения новых технологий в сферу производства бетонов необходимо максимально упростить процесс лабораторных испытаний его свойств [5]. Так, например, доказано, что прямые и косвенные способы определения прочности бетона дают схожие результаты [6], а использование косвенных методов во многом упрощает нахождение его основных параметров. Однако для определения морозостойкости бетона оказывается недостаточной замена прямого способа определения прочности косвенным, поскольку согласно базовому методу до этого образцы необходимо подвергать многократному попеременному замораживанию и оттаиванию. Следовательно, необходима разработка нового ускоренного метода проведения лабораторных испытаний для оценки морозостойкости различных естественных и искусственных камней, а также других пористых материалов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Под показателем морозостойкости бетона подразумевают [7] число циклов замораживания до $(18\pm 2)^\circ\text{C}$ насыщенных образцов камня и оттаивания при $18\pm 2^\circ\text{C}$ (стандартных термоциклов), необходимых для снижения исходного предела прочности камня на величину δR . Например, для тяжелых бетонов допустимое стандартное снижение $[\delta R/R]$ составляет 0,1, а для легких бетонов – 0,15 [8]. Значительный разброс значений предела прочности образцов бетона (коэффициент вариации $\rho \approx 17\%$ [8]) при неизменных условиях их изготовления и испытаний обуславливает случайный разброс выбора средних значений R в пределах $\Delta R/R = \pm \rho \sqrt{n}$, где n – объем выборки образцов. При этом для доказательства значимости относительного снижения R на 0,10...0,15 приходится испытывать до 50 образцов, обеспечивая $\Delta R = 0,068R$ при доверительной вероятности 0,95. Таким образом, основной

недостаток базового способа – трудоемкость и малая оперативность, так как продолжительность стандартного термоцикла не менее 4,5 часов [9], а $F \gg 50$. Европейские стандарты [10] определения морозостойкости бетонов несколько отличаются от Российских [11], однако они также являются недостаточно оперативными и трудоёмкими [12].

Помимо базовых способов, существуют экспресс-методы, которые значительно упрощают определение морозостойкости, но при этом обладают другими существенными недостатками [13]. Так, например, dilatометрический экспресс-метод определения морозостойкости [14], который является прототипом описываемого метода, приемлем только для портоландцементного и шлакопортоландцементного бетона без добавления поверхностно-активных веществ (ПАВ). Ограничен в области применения и метод с использованием планшетного сканера [15].

ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задачей проекта является обоснование универсального экспресс-метода определения марки морозостойкости естественных и искусственных камней (кирпича, бетона) с помощью оценки длительной прочности неразрушающим методом.

ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Изобретение относится к методам испытаний пористых водонасыщенных тел и предназначено для определения марки бетона по морозостойкости.

Решение задачи достигается тем, что, как и в прототипе, изготавливают серию образцов из одной бетонной смеси, образцы насыщают водой, замораживают до нормативной температуры. Но в отличие от прототипа предварительно неразрушающим методом, например [16], определяют предел длительной прочности каждого образца в условиях растяжения. Далее образцы размораживают и устанавливают относительную остаточную деформацию каждого образца и по значениям относительной остаточной деформации образца и предела длительной прочности образца в условиях растяжения определяют удельную энергию, рассеянную в единице объема образца в процессе замораживания-размораживания. Затем нагружают каждый образец в условиях одноосного сжатия до экстремальной нагрузки, отвечающей кратковременному пределу прочности, при этом регистрируют значения осевой нагрузки и соответствующие им продольные деформации каждого образца. По полученным значениям осевой нагрузки и соответствующих им продольных деформаций определяют удельную энергию, рассеянную в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки, и находят значение марки каждого бетонного образца по морозостойкости.

Энергию, рассеянную в единице объема материала в процессе замораживания-размораживания, рассчитывают по формуле:

$$W_{\text{тц}} = k \theta_{\text{ост}} \cdot R_{\text{дл}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{тц}}$ – удельная энергия образца, рассеянная в процессе замораживания-размораживания;
 $\theta_{\text{ост}}$ – относительная остаточная деформация образца;
 $R_{\text{дл}}$ – предел длительной прочности образца в условиях растяжения;
 k – коэффициент пропорциональности.

Значение энергии, рассеянной в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки, пропорционально квадрату кратковременного предела прочности [17]:

$$W_{\text{ск}} = \alpha R^2, \quad (2)$$

где $W_{\text{ск}}$ – энергия, рассеянная в единице объема образца в процессе его сжатия до экстремальной нагрузки;
 R – кратковременный предел прочности;
 α – коэффициент пропорциональности.

Марку по морозостойкости для конкретного образца $F_{\text{обр}}$ рассчитывают по формуле:

$$F_{\text{обр}} = 2 [\Delta R / R] W_{\text{ск}} / W_{\text{тц}}, \quad (3)$$

В частности, способ был реализован на 10 образцах-кубах, ребром 10 см в возрасте 88 суток, изготовленных из бетонной смеси такого состава: портоландцемент марки 400 – 1 в. ч., песок – 2 в. ч., гранитного щебня фракции 5...20 мм – 4,5 в. ч., воды – 0,6 в. ч. Экспериментально установлено двумя

разными способами для этого бетона в возрасте 88 суток, что после 105 циклов замораживания-оттаивания, соответствующих марке этого бетона по морозостойкости, среднее относительное снижение предела прочности составляет 0,142 по способу [18] и 0,16 по первому базовому способу [7], то есть оба значения лежат в пределах погрешности использованных способов. В среднем относительное снижение предела прочности составляет 15 %.

Среднее квадратичное отклонение значений F_{15i} (F_{15i} – марка i -го бетонного образца по морозостойкости при снижении предела его прочности на 15 %, полученная предлагаемым способом; где i от 1 до 10), оказался равным 16. С учетом этого расхождение среднего значения марки по морозостойкости бетона $\overline{F}_{15} = 99,7$ и ранее экспериментально найденного числа циклов 105 (марка F_{15}), необходимых для снижения R на 15 %, можно считать случайным, а предложенный способ корректным (таблица).

Таблица – Результаты испытаний образцов по предложенному методу

№	$\overline{R}_{дл}$, МПа	$\theta_{ост} \cdot 10^4$	$W_{тц} \cdot 10^4$, МПа	$W_{сж} \cdot 10$, МПа	$[\Delta W] \cdot 10^2$, МПа	F_{15i}
1	1,5	2,7	4,05	0,9990	2,997	74
2	1,7	3,1	5,27	1,7215	5,165	98
3	1,8	1,8	3,24	1,2312	3,694	114
4	1,9	2,6	4,90	1,6796	5,039	102
5	2,0	2,5	5,00	1,4333	4,300	86
6	2,1	1,9	4,00	1,4364	4,309	108
7	2,2	2,6	5,72	2,2308	6,692	117
8	2,3	2,1	4,83	1,3846	4,154	86
9	2,9	1,8	5,22	1,6008	4,802	92
10	3,1	1,5	4,65	1,8600	0,558	120
Среднее	2,15	2,1	4,69	1,5577		99,7

ВЫВОДЫ

Предложенный способ расширяет арсенал технических средств ускоренного определения марки бетона по морозостойкости. Длительность определения морозостойкости обуславливается по сути временем насыщения образца водой (4 дня по п.4 ГОСТ 10060.0 «Методы определения морозостойкости. Общие требования»). По результатам исследования был получен патент на изобретение [19]. В дальнейшем планируется проверить корректность предлагаемого метода для инновационных типов бетонов, например для высокопрочного бетона, самоуплотняющегося или текстильно армированных бетонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The cement type effect on freeze-thaw and deicing salt resistance of concrete [Текст] / G. Skripkiunas, D. Nagrockiene, G. Girskas, M. Vaičiene, E. Baranauskaite // Procedia Engineering. – 2013. – No. 57. – P. 1045–1051.
2. Influence of Plasticizing and Siliceous Additives on the Strength Characteristics of Concrete [Текст] / L. Akimov, N. Ilenko, R. Mizharev, A. Cherkashin, N. Vatin, L. Chumadova // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 725–726. – P. 461–468.
3. Effect of Air-Entraining Agent LHD on the Technological Properties of Concrete Mix Containing Superplasticizer S-3 [Текст] / Y. Barabanshchikov, M. Komarinskiy // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 725–726. – P. 419–424.
4. Nagrockien, D. Cement freezing-thawing resistance of hardened cement paste with synthetic zeolite [Текст] / D. Nagrockien, G. Girskas, G. Skripkiunas // Construction and Building Materials. – 2014. – No. 66. – P. 45–52.
5. Kewalramani, M. A. Concrete compressive strength prediction using ultrasonic pulse velocity through artificial neural networks [Текст] / M. A. Kewalramani, R. Gupta // Automation in Construction. – 2006. – Vol. 15, No. 3. – P. 374–379.
6. Freeze-thaw resistance testing of concrete railway sleepers [Текст] / A. Köliö, T. Rantala, J. Lahdensivu, A. Nurmikolu // Concrete Solutions : Proceedings of 5th International Conference on Concrete Repair / Michael Grantham, P A Muhammed Basheer, Bryan Magee, Marios Soutsos (Eds.). – London : Taylor & Francis Group, 2014. – P. 533–539.
7. ГОСТ 10060-2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости [Текст]. – Взамен ГОСТ 10060.0-95, ГОСТ 10060.1-95, ГОСТ 10060.2-95, ГОСТ 10060.3-95, ГОСТ 10060.4-95 ; введ. 2014-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 10 с.

8. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам [Текст]. – Взамен ГОСТ 10180-90 ; введ. 2013-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 31 с.
9. Судаков В. Б. Пути совершенствования технологии бетона гидротехнических сооружений [Текст] / В. Б. Судаков // Гидротехнический бетон и его работа в сооружениях : [Материалы совещ., 15–17 нояб. 1983 г., Тбилиси / Ред.-изд. совет: М. Ф. Складнев (пред.) и др.]. – Л. : Энергоатомиздат, 1984. – С. 4–16.
10. BS EN 206:2013. Concrete. Specification, performance, production and conformity [Текст]. – Supersedes EN 206-1:2000, EN 206-9:2010 ; This European Standard was approved by CEN on 28 September 2013. – Brussels : CEN, 2013. – 98 p. – ISBN 978-0-580-85966-3.
11. Сравнительный анализ Европейской и Российской технической документации строительных материалов [Текст] / М. В. Антонова, Д. В. Глушко, С. В. Беляева, Л. Пакрастинш // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 4 (19). – С. 34–50.
12. CDF Test – Test Method for the Freeze-Thaw Resistance of concrete – tests with sodium chloride solution (CDF) [Текст] : Recommendation / Prepared by M. J. Setzer, G. Fagerlund and D. J. Janssen // Materials and Structures. 1996. Vol. 29. P. 523–528.
13. Liisma, E. Internal and external damages of concrete with poor quality of coarse limestone aggregate [Текст] / E. Liisma, L. M. Raado // CESB 13 Prague : Central Europe towards Sustainable Building 2013 : sustainable building and refurbishment for next generations / Editors: Petr Hójek, Jan Tywoniak, Antonn Lurňlek, Jan Růžička, Kateřina Sojková. – Prague : Grada Publishing for Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, 2013. – P. 393–396.
14. Опыт экспрессного определения морозостойкости бетона транспортных сооружений [Текст] / А. В. Алексеев, А. Д. Дикун, В. Я. Фишман, В. Н. Дикун // Строительные материалы. – 2005. – № 8. – С. 55–57.
15. Evaluation of the critical air-void system parameters for freeze-thaw resistant ternary concrete using the manual point-count and the flatbed scanner methods [Текст] / M. Radlinski, J. Olek, Q. Zhang, K. Peterson // Journal of ASTM International. – 2010. – Vol. 7, No. 4. – P. 1–14.
16. Никольский, С. Г. Экспресс-методы оценки длительной стойкости бетона [Текст] / С. Г. Никольский, Т. С. Никольская // Материалы III МК «Популярное бетоноведение» / Под ред. М. Скипский. – СПб. : ООО «Стройбетон», 2009. – С. 35–44.
17. Ахвердев, И. Н. Основы физики бетона [Текст] / И. Н. Ахвердев. – Л. : Стройиздат, 1981. – 464 с.
18. Никольский, С. Г. Экспресс-метод контроля эрозии бетона [Текст] / С. Г. Никольский // Инженерно-строительный журнал. – 2008. – № 2. – С. 25–28.
19. Пат. 2543669 Российская Федерация, МПК G01N 33/38. Способ определения марки бетона по морозостойкости [Текст] / Никольский С. Г., Перцева О. Н. ; патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет». – № 2013125870/28 ; заявл. 10.12.2014 ; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 7. – 9 с.

Получено 02.03.2016

С. Г. НИКОЛЬСКИЙ, О. М. ПЕРЦЕВА
ПРИСКОРЕНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МОРОЗОСТІЙКОСТІ ПОРИСТИХ
МАТЕРІАЛІВ

Санкт-Петербурзький політехнічний університет ім. Петра Великого

Обґрунтування експрес-методу визначення морозостійкості пористого матеріалу, у тому числі і бетонних зразків, шляхом підвищення інформативності їх випробування. У даному дослідженні запропоновано і обґрунтовано новий прискорений метод визначення пористих матеріалів. Запропонована технологія вимірювання морозостійкості пористих матеріалів заснована на залежності енергії руйнування, виділеної після механічного стиснення зразків, і енергії, що виділяється після термоцикловання. Для перевірки коректності способу були випробувані зразки у віці 88 діб. Випробування проводилися за новим запропонованим методом і за базовим методом визначення морозостійкості. Розбіжність результатів з базовим методом склала 5,3 %, що доводить коректність способу і можливість впровадження його в більш широке практичне використання.

бетон, морозостійкість, дилатометричний метод, експрес-метод, термоцикловання, неруйнівний метод

SERGEY NIKOLSKIY, OLGA PERTSEVA
A RAPID METHOD FOR DETERMINATION OF FROST RESISTANCE OF
POROUS MATERIALS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Substantiation of Express method for determining of frost resistance of the porous material, including concrete samples by increasing the information content of their test. In this study, we proposed and validated

a new rapid method for the determination of porous materials. The technology of measurement of frost resistance of porous materials is based on the destruction of Energy, allocated after mechanical compression of the samples, and the energy released after thermocycling. To check the correctness of the method the samples were tested at the age of 88 days. The tests were conducted on the new proposed method and reference method of determining frost-resistance. The discrepancy between the results with the baseline method was 5.3 %, which proves the correctness of the method and the possibility of introducing it into wider practical use.

concrete, frost resistance, dilatometry method, rapid method, thermal Cycling, nondestructive method

Нікольський Сергій Григорович – доктор технічних наук, професор кафедри будівництва унікальних будівель і споруд Санкт-Петербурзького політехнічного університету Петра Великого. Наукові інтереси: експрес-методи контролю властивостей сировини і виробів: вологість сировини і керамічної маси, знос металевих частин обладнання, тривалої механічної та електричної міцності, тріщиностійкості, морозостійкості, ерозії, корозії, стійкості проти повзучості тощо.

Перцева Ольга Миколаївна – студентка Санкт-Петербурзького політехнічного університету Петра Великого. Наукові інтереси: будівельні матеріали та вироби, прискорені методи визначення міцності матеріалів.

Никольский Сергей Григорьевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительства уникальных зданий и сооружений Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Научные интересы: экспрес-методы контроля свойств сырья и изделий: влажность сырья и керамической массы, износ металлических частей оборудования, длительной механической и электрической прочности, трещиностойкости, морозостойкости, эрозии, коррозии, стойкости против ползучести и т.д.

Перцева Ольга Николаевна – студентка Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Научные интересы: строительные материалы и изделия, ускоренные методы определения прочности материалов.

Nikolskiy Sergey – D.Sc. (Eng.), Professor, Construction of Unique Buildings and Structures Department, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Scientific interests: express methods of control of properties of raw materials and products: humidity of raw ceramic mass, the metal wear parts of the equipment, long mechanical and electrical strength, crack resistance, frost resistance, erosion, corrosion, resistance to creep, etc.

Pertseva Olga – student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Scientific interests: building materials and products, rapid methods for determining the strength of materials.

УДК 666.974.2

А. Н. ЕФРЕМОВ, А. Н. ЛИЩЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ВЛИЯНИЕ ТОНКОМОЛОТЫХ ДОБАВОК ШАМОТА И ГЛИНОЗЕМА НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАМНЯ ГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТА ПРИ ТВЕРДЕНИИ И НАГРЕВЕ

Установлено, что добавки тонкомолотых шамота и технического глинозема уменьшают концентрацию $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и отношение $\text{CaO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ в жидкой фазе камня глиноземистого цемента при твердении. Это стабилизирует основной продукт твердения цемента – $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и предотвращает его перекристаллизацию в $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, в результате чего снижения прочности камня глиноземистого цемента при твердении в нормальных условиях и при последующей сушке не происходит. При обжиге добавка тонкомолотого шамота вызывает взаимодействие его кремнеземистого стекла с алюминатами кальция и образует дополнительную кристаллическую связку из ромбического анортита $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, что повышает относительную остаточную прочность цементного камня после полной дегидратации в результате обжига. Аналогичное повышение остаточной прочности цементного камня с добавкой глинозема происходит за счет увеличения количества и упорядочения структуры $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ и особенно $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.

глиноземистый цемент, добавки тонкомолотых шамота и глинозема, структурно-фазовые изменения камня смешанного вяжущего при твердении и прогреве до 1 200 °С

ВВЕДЕНИЕ

Глиноземистый цемент характеризуется высокой прочностью и огнеупорностью, быстрым твердением, низкими усадкой и капиллярной пористостью. При отсутствии или минимальном содержании оксида железа – имеет белый цвет и может применяться для цветных бетонов.

Одним из основных направлений использования глиноземистого цемента является изготовление огнеупорных бетонов. Для них обязательной является сушка при температуре 110...150 °С перед прогревом до температуры службы [1].

Главным недостатком бетонов на глиноземистом цементе является снижение прочности при температурах выше 30 °С, в том числе и при сушке. Это происходит вследствие перекристаллизации основного продукта твердения – $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Уменьшение концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ в жидкой фазе камня цемента при введении, например, золы ТЭС стабилизирует $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, и падения прочности камня не происходит [2–4]. Аналогичное влияние оказывает добавка $\text{Al}(\text{OH})_3$ [2]. Поэтому можно было предположить, что добавки тонкомолотых шамота, содержащего 40–60 % кремнеземистого стекла, и технического глинозема стабилизируют $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и предотвратят падение прочности камня глиноземистого цемента после сушки. Анализ системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ показывает, что введение шамота практически не снизит температуру плавления, а значит и огнеупорность смешанного вяжущего. Добавка же глинозема должна ее увеличить. Кроме того, тонкодисперсные добавки из-за ограниченной химической активности будут сохранять функции наполнителя, что снизит огневую усадку цементного камня.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Установить влияние тонкомолотых добавок шамота и технического глинозема на термомеханические свойства и структурно-фазовые изменения камня глиноземистого цемента при твердении и прогреве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях использовались материалы, характеристика которых приведена в работах [5, 6]. Испытания термомеханических свойств выполнялись стандартными методами на аттестованном оборудовании. Структурно-фазовые исследования проведены с использованием дифференциального термографического и рентгенофазового методов анализа.

Дифференциальный термический анализ проводился на дериватографе Q-1500 (Венгрия) по методике А. Г. Берга [7].

Минералогический состав композиций исследовался рентгенофазовым методом на установке УРС-50 ИМ в монохроматическом Cu K_α излучателе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

После 28 суток твердения в нормальных условиях и последующей сушки при 110°C на рентгенограмме камня глинозёмистого цемента (рис. 1) остаются реликтовые отражения алюминатов кальция $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ($d = 0,293, 0,247, 0,240, 0,217$ нм) и $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ($d = 0,308, 0,288, 0,276, 0,267$ нм). Из продуктов гидратации фиксируются четкие рефлексы $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,372, 0,356, 0,269, 0,255, 0,236$ нм) и $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,230, 0,223, 0,204$ нм). Кроме того, из новообразований цементного камня на рентгенограмме присутствуют достаточно четкие максимумы дифракции, характерные для диаспора – $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,230, 0,213, 0,207$ нм).

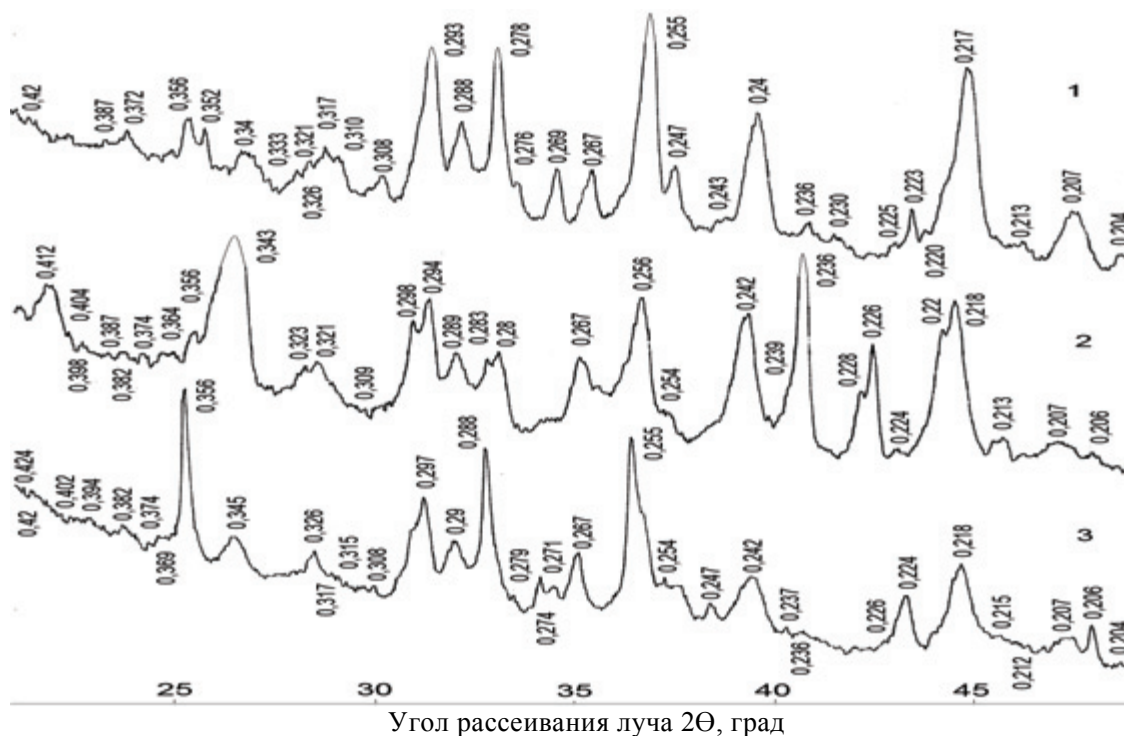


Рисунок 1 – Рентгенограммы камня вяжущих на основе глинозёмистого цемента после 28 суток твердения в нормальных условиях и последующей сушки при 110°C : 1 – 100 % цемента; 2 – «цемент + шамот = 60 + 40 %»; 3 – «цемент + глинозем = 60 + 40 %».

Перекристаллизация низкоосновного гидроалюмината $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в высокоосновный $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и является причиной существенного снижения прочности камня глинозёмистого цемента в результате сушки после твердения в нормальных условиях [6].

На рентгенограмме № 2 камня глинозёмистого цемента с добавкой шамота отражения исходных алюминатов кальция ослабевают более существенно, непропорционально снижению доли цемента в смешанном вяжущем. Это свидетельствует об увеличении степени гидратации цементной составляющей смешанного вяжущего. Кроме того, за счет инертной части шамота на рентгенограмме присутствуют сильные пики α -кварца, α -тридимита и муллита.

По аналогии с золой-унос ТЭС [3] добавка тонкомолотого шамота, за счет пуццоланизирующего действия кремнеземистого стекла, предотвращает перекристаллизацию низкоосновного гидроалюмината в высокоосновный. На рентгенограмме № 2 отражения $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ исчезают. В результате сушка такого камня не вызывает снижения прочности по сравнению с образцами, твердевшими в течение 28 суток в нормальных условиях.

Стабилизирующее, пуццоланизирующее действие кремнеземистого стекла шамота сказывается на усилении дифракционных пиков $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,236, 0,226$ нм) и ослаблении отражений диаспора ($d = 0,207, 0,213, 0,230$ нм).

Введение в состав смешанного вяжущего тонкомолотого глинозема и его гидратация вызывают активное взаимодействие $\text{Al}(\text{OH})_3$ с $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Аналогично композициям с шамотом отношение $\text{CaO} / \text{Al}_2\text{O}_3$ жидкой фазы камня смешанного вяжущего понижается. Это предотвращает перекристаллизацию $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Отражения $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,356, 0,288, 0,255$ нм) на рентгенограмме № 3, рис. 1 существенно возрастают и становятся более заостренными.

Рефлексы, характерные для гидроксидов алюминия на рентгенограмме № 3 практически не просматриваются, за исключением «размытого» отражения с $d = 0,207$, принадлежащего, возможно, диаспору. Это свидетельствует о том, что наиболее вероятно гидроксид алюминия находится в цементном камне в аморфной форме.

Прогрев цементного камня из чистого глиноземистого цемента ведет к восстановлению его первоначального минералогического состава цемента. На рентгенограмме № 1 этого камня, приведенной на рис. 2, преобладают отражения с $d = 0,371, 0,319, 0,298, 0,253, 0,250$ нм и др., характеризующие наличие $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$. Присутствуют также достаточно сильные рефлексы $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ($d = 0,3079, 0,288, 0,276, 0,271, 0,267$ нм).

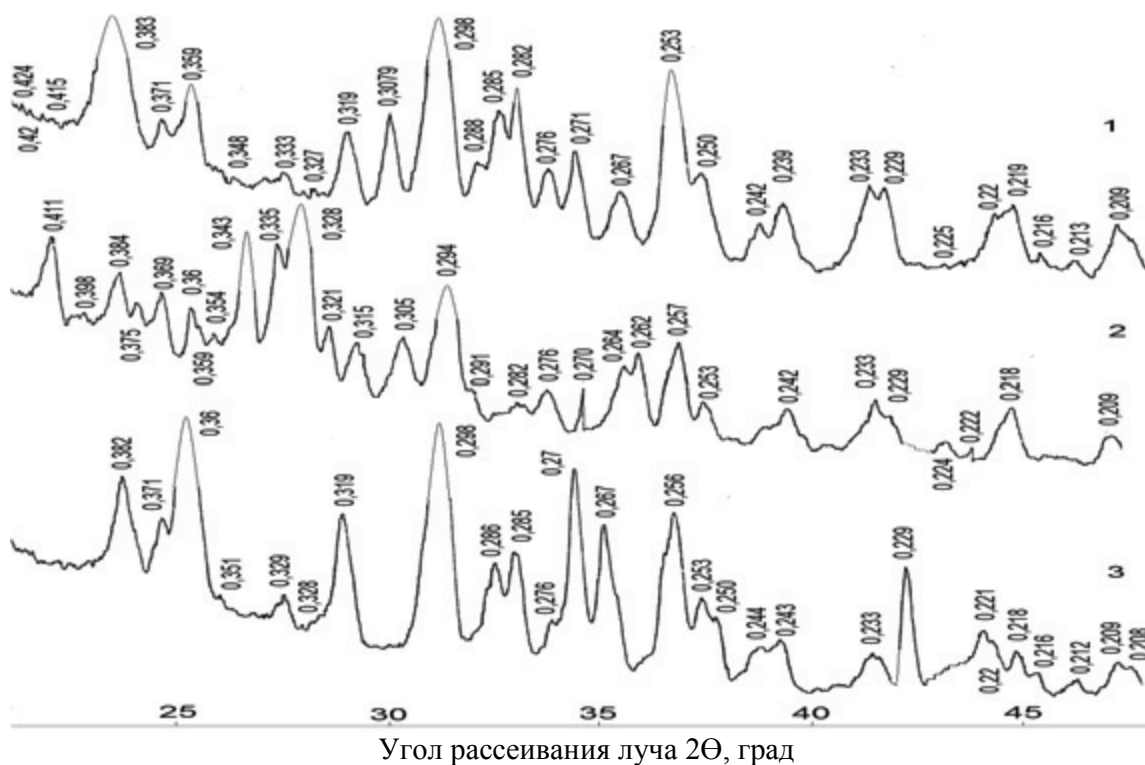


Рисунок 2 – Рентгенограммы камня вяжущих на основе глиноземистого цемента после 28 суток твердения в нормальных условиях, сушки при 110°C и обжига при 1200°C : 1 – 100 % цемента; 2 – «цемент + шамот = 60 + 40 %»; 3 – «цемент + глинозем = 60 + 40 %».

Введение в глиноземистый цемент добавки тонкомолотого шамота изменяет минералогический состав обожженного камня вяжущего. Кроме реликтовых отражений α -кварца, α -тридимита и муллита на его рентгенограмме (№ 2, рис. 2) появляются достаточно сильные и четкие дифракционные максимумы, характерные для ромбического анортита $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ($d = 0,375, 0,321, 0,270, 0,224$ нм).

Это свидетельствует о взаимодействии, скорее всего, кремнеземистого стекла шамота, не прореагировавшего при твердении с алюминатами кальция камня смешанного вяжущего, об образовании дополнительного количества керамической связки, что повышает его относительную остаточную прочность после обжига.

По сравнению с камнем глиноземистого цемента, обожженного при 1 200 °С, в композиции с техническим глиноземом избыток оксида алюминия, не прореагировавшего при твердении, в процессе обжига увеличивает количество и вызывает упорядочение структуры $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ и, особенно, $\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. В результате дифракционные отражения этих алюминатов кальция заметно возрастают, их пики становятся более острыми.

Наличие на термограммах (рис. 3) эндоэффектов дегидратации камня чистого глиноземистого цемента и проб камня вяжущих с добавками шамота и глинозема в температурных интервалах 100...140 и 200...270 °С свидетельствует о преобладании в составе продуктов твердения низкоосновного гидроалюмината кальция $\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

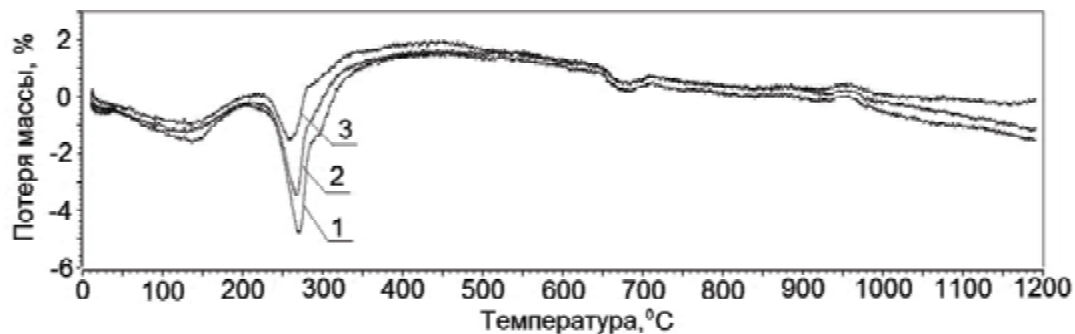


Рисунок 3 – Термограммы камня вяжущих на основе глиноземистого цемента после 28 суток твердения в нормальных условиях и последующей сушки: 1 – 100 % цемента; 2 – «цемент + шамот = 60 + 40 %»; 3 – «цемент + глинозем = 60 + 40 %».

ВЫВОДЫ

Добавки тонкомолотых шамота и технического глинозема предотвращают перекристаллизацию основного продукта твердения глиноземистого цемента $\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в $3\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, в результате чего снижения прочности камня глиноземистого цемента в результате твердения в нормальных условиях и последующей сушки не происходит. Введение в глиноземистый цемент добавки тонкомолотого шамота вызывает взаимодействие его кремнеземистого стекла с алюминатами кальция при обжиге и образует дополнительную кристаллическую связку из ромбического анортита $\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$, что повышает относительную остаточную прочность цементного камня после полной дегидратации в результате обжига. Аналогичное повышение остаточной прочности цементного камня с добавкой глинозема происходит за счет увеличения количества и упорядочения структуры $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ и, особенно, $\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, К. Д. Жароупорный бетон [Текст] / К. Д. Некрасов. – М. : Промстройиздат, 1957. – 283 с.
2. Кузнецова, Т. В. Глиноземистый цемент [Текст] / Т. В. Кузнецова, Й. Талабер. – М. : Стройиздат, 1988. – 272 с.
3. Кобояси, М. Использование золы для повышения прочности глиноземистого цемента в длительные сроки твердения [Текст] / М. Кобояси, Н. Миякэ, М. Кокубу // Шестой Международный конгресс по химии цемента. Труды в 3-х т. Т. 3 / под общ. ред. А. С. Болдырева. – М. : Стройиздат, 1976. – С. 110–122.
4. The effect of pozzolanas on the tricalcium aluminate hydration [Текст] / M. Collepardi, G. Baldini, M. Pauri, M. Corradi // Cement and Concrete Research. – 1978. – 8(6). – P. 741–752.
5. Лищенко, А. Н. Влияние добавок шамота и технического глинозема на термомеханические свойства камня глиноземистого цемента [Текст] / А. Н. Лищенко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2010. – Вип. 2010-5(85). Т. 1. – С. 167–172.
6. Ефремов, А. Н. Влияние добавок шамота и технического глинозема на жаростойкие свойства камня глиноземистого цемента [Текст] / А. Н. Ефремов, А. Н. Лищенко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса : Зовнішрекламсервіс, 2010. – Вип. 39 (Ч. 1). – С. 220–229.
7. Берг, Л. Г. Введение в термографию [Текст] / Л. Г. Берг. – М. : АН СССР, 1969. – 395 с.

Получено 03.03.2016

О. М. ЄФРЕМОВ, Г. М. ЛИЩЕНКО
ВПЛИВ ТОНКОМЕЛЕНИХ ДОБАВОК ШАМОТУ І ГЛИНОЗЕМУ НА
СТРУКТУРНО-ФАЗОВІ ЗМІНИ КАМЕНЮ ГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТУ
ПРИ ТВЕРДІННІ І НАГРІВАННІ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Встановлено, що добавки тонкомелених шамоту та технічного глинозему зменшують концентрацію $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і відношення $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ в рідкій фазі каменю глиноземистого цемента при твердінні. Це стабілізує основний продукт твердіння цементу – $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ і запобігає його перекристалізації у $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, в результаті чого зниження міцності каменю глиноземистого цементу при твердінні в нормальних умовах і при подальшому сушінні не відбувається. При випалюванні добавка тонкомеленого шамоту спричиняє взаємодію його кремнеземистого скла з алюмінатами кальцію і утворює додаткову кристалічну зв'язку з ромбічного анортиту $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$, що підвищує відносну залишкову міцність цементного каменю після повної дегідратації в результаті випалу. Аналогічне підвищення залишкової міцності цементного каменю з добавкою глинозему відбувається за рахунок збільшення кількості та упорядкування структури $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ і, особливо, $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$.

глиноземистий цемент, добавки тонкомелених шамоту і глинозему, структурно-фазові зміни каменю змішаного в'язучого при твердінні і прогріванні до 1 200 °C

ALEXANDER YEFREMOV, ANNA LISHCHENKO
THE INFLUENCE OF ADDITIVES OF FINE GRAINED CHAMOTTE AND
ALUMINA ON THE STRUCTURAL-PHASE MODIFICATIONS OF ALUMINOUS
CEMENT DURING THE PROCESSES OF HARDENING AND HEATING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

It has been determined that the additives of fine grained chamotte and technical alumina powder reduce the concentration of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and the ratio of $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ in liquid phase of aluminous cement during hardening. This stabilizes the main product of cement hardening product – $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ and prevents its recrystallization into $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, thereby reducing the strength of aluminous cement hardening at normal conditions and subsequent drying is not occurred. The additive of fine grained chamotte during heating interacts with calcium aluminates and forms an additional crystalline bond of rhombic anorthite $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$. It increases the relative residual strength of cement paste after complete dehydration as a result of firing. A similar increasing the residual strength of cement paste with the addition of alumina powder is due to the increasing the quantity and ordering the structure of $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ and especially $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$.

aluminous cement, additives of fine grained chamotte and alumina powder, structural and phase modifications of composite binder during hardening and heating up to 1 200 °C

Єфремов Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: в'язучі і бетони на основі промислових відходів; жаростійкі і вогнетривкі бетони.

Лищенко Ганна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Єфремов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов; жаростойкие и огнеупорные бетоны.

Лищенко Анна Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Yefremov Alexander – D.Sc. (Eng.), Professor, Technology of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste; heat-resistant concretes.

Lishchenko Anna – Ph.D. (Eng.) Associate Professor, Technology of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat-resistant binders and concretes.

УДК 691.32

О. Э. БРЫЖАТЫЙ, В. И. КРОТЮК, Р. Ю. ЛЕМЕШЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОЙСТВ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ КЛАССА В80 ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ ДО 90 °С (150 °С) И УВЛАЖНЕНИИ

Представлена методика изучения реологических свойств высокопрочного модифицированного бетона. Проанализировано воздействие циклических повышенных температур до 90 и 150 °С и увлажнения до полного водонасыщения на прочность высокопрочного бетона. Сформулированы цели исследований, обоснованы предполагаемые результаты эксперимента с формированием основных выводов.

бетон, нагрев, увлажнение, циклические воздействия, прочность

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Наименее изученным вопросом для проектирования и эксплуатации железобетонных конструкций из высокопрочных модифицированных бетонов является совместное влияние на их работу режимов циклических воздействий повышенных температур, увлажнения и нагрузок. В связи с этим необходимо провести изучение реологических свойств высокопрочных бетонов при воздействии указанных воздействий.

ЦЕЛИ РАБОТЫ

На основе существующей методики исследования реологических свойств тяжелых бетонов разработать методологическую последовательность изучения влияния циклического воздействия повышенных температур, увлажнения и нагрузки для высокопрочных модифицированных бетонов. Выявить наиболее неблагоприятный режим циклического температурно-влажностного воздействия.

Одной из важнейших задач в строительстве является повышение качества и долговечности зданий и сооружений при максимальной экономичности строительства. Для ее решения существенное значение имеет наиболее полный учет на этапе проектирования всех факторов, влияющих на работу конструкций зданий и сооружений.

Одним из наименее изученных вопросов для железобетонных конструкций является совместное влияние на их работу режимов циклических воздействий повышенных температур, увлажнения и нагрузок. Такой режим эксплуатации характерен для ряда сооружений – дымовых и вентиляционных труб, газоходов, резервуаров, градирен, а также конструкций цехов металлургической и химической промышленности и некоторых других конструкций. Особенно малоизученным в таких сооружениях является вопрос изменения температурно-влажностных деформаций бетона при циклических температурно-влажностных воздействиях. Циклические воздействия повышенных температур и увлажнения приводят к изменению физико-механических свойств бетона, к изменению напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций и, как правило, к значительным дополнительным их деформациям под воздействием внешних условий и к накоплению повреждений в структуре бетона. К распространенным явлениям относятся повреждения железобетонных дымовых и вентиляционных труб, возникающие в результате выпадения конденсата при понижении температуры отводимых газов ниже точки росы. В результате диффузии влаги по толщине ствола в бетоне развиваются серьезные деструктивные процессы, снижается прочность и долговечность бетона,

© О. Э. Брыжатый, В. И. Кротюк, Р. Ю. Лемешенко, 2016

происходят существенные изменения характеристик НДС сооружения, что в ряде случаев приводило к серьезным авариям. Аналогичные особенности работы свойственны и конструкциям железобетонных градилен.

Существующая методика расчета железобетонных инженерных сооружений, эксплуатирующихся в сложных температурно-влажностных условиях, требует дальнейшего развития для таких условий эксплуатации. Поэтому будут проведены исследования температурно-влажностных свойств высокопрочных бетонов при циклическом воздействии повышенных температур и увлажнения, и влияния циклических температурно-влажностных воздействий на прочность, жесткость и трещиностойкость элементов сооружений.

Исследования температурно-влажностных свойств бетона инженерных сооружений будут проведены на фрагментах сооружений, так как в этом случае может быть получена наиболее полная и достоверная информация о напряженно-деформированном состоянии сооружения.

В качестве фрагментов, предназначенных для исследования температурно-влажностных деформаций сооружений типа дымовых труб, резервуаров и силосов, был принят железобетонный брус сечением 240×120 мм и длиной 2 100 мм, лишенный возможности изгиба в плоскости действия температурного и влажностного градиентов и нагрузки.

Решение задачи по определению напряженно-деформированного состояния элементов железобетонных сооружений и влияния на него температурно-влажностных деформаций при циклическом воздействии повышенных температур и увлажнения было выполнено с использованием методики, основанной на раздельном учете явлений физической нелинейности и длительных процессов деформирования в бетоне.

Экспериментальные исследования будут проводиться на образцах из бетона класса по прочности при сжатии В80 с использованием золы-уноса Зуевской ТЭС, состав которой разработан и апробирован на кафедрах ТСКИиМ и ЖБК ДонНАСА (табл.).

Таблица – Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси

№ пп	Вид материала	Расход, кг/(л)
1	Портландцемент пластифицированный М500 (Амвросиевский цементный комбинат)	545,0
2	Песок кварцевый (Краснолиманский песчаный карьер)	660,0
3	Щебень гранитный фракции 5–20 мм (Каранский карьер)	970,0
4	Вода	137,7
5	Пластификатор FM794(SicaViscocrete5-600)	15,3
6	ОМД (Sica Fume) (Зола-уноса Зуевской ТЭС)	39,9
		140,1
	Всего:	2 468,0

Изготовление призм и кубов производится в горизонтальном положении в металлических формах, соответствующих требованиям ГОСТ 10180-78 [7]. Бетонная смесь перемешивается в бетономесителе емкостью 90 литров и уплотняется вибрированием в течение 2 мин на вибростоле с частотой 3000 колебаний в минуту и амплитудой 0,35 мм. Через четыре часа после изготовления образцы покрываются слоем влажных опилок. Распалубка производится на четвертые сутки. После распалубки образцы хранятся в естественных условиях цеха при температуре 20±4 °С и относительной влажности воздуха 55...75 %, то есть в условиях, требуемых ГОСТ 24544-81. Возраст бетона железобетонных балок, призм и кубов к моменту начала температурно-влажностных испытаний составит шесть месяцев (180 сут.). Опытные образцы представляют собой брус сечением 250×120 мм и длиной 2 100 мм (рис. 1). Брус симметрично армирован четырьмя стержнями Ø12 А-III, процент армирования – 1,5 %, поперечная арматура Ø4 Вр-I. Образцы изготавливаются в горизонтальном положении в металлических формах.

Предполагается исследовать следующие физико-механические свойства бетона: температурно-влажностные деформации; предельные деформации; структурные характеристики бетона при сжатии, при циклическом воздействии повышенных температур и увлажнении, при циклическом воздействии повышенных температур без увлажнения и при циклическом увлажнении без воздействия повышенных температур. Цикл воздействий повышенных температур и увлажнения состоял из нагрева со скоростью 10 град/час, участок А-Б(В) – изотермической выдержки при повышенной температуре в течение шести суток, участок В-Г – остывание в течение суток, участок Г-Д – увлажнение

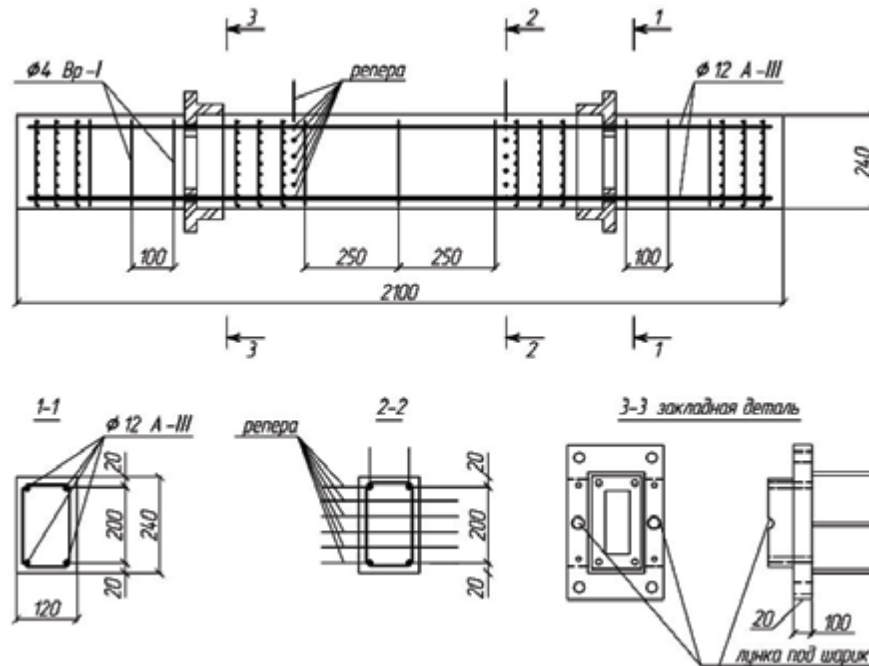


Рисунок 1 – Конструкция железобетонного образца.

в течение шести суток и участок Д-Е – выдержка в течение суток при нормальной температуре, полный цикл – $(6+1)+(6+1)$ – продолжительностью 14 суток (рис. 2). При циклическом воздействии повышенных температур без увлажнения и при циклическом воздействии воды без воздействия повышенных температур формула принятого цикла была аналогична. Относительные уровни прикладываемых нагрузок – 0,6 (0,3) от разрушающей нагрузки.

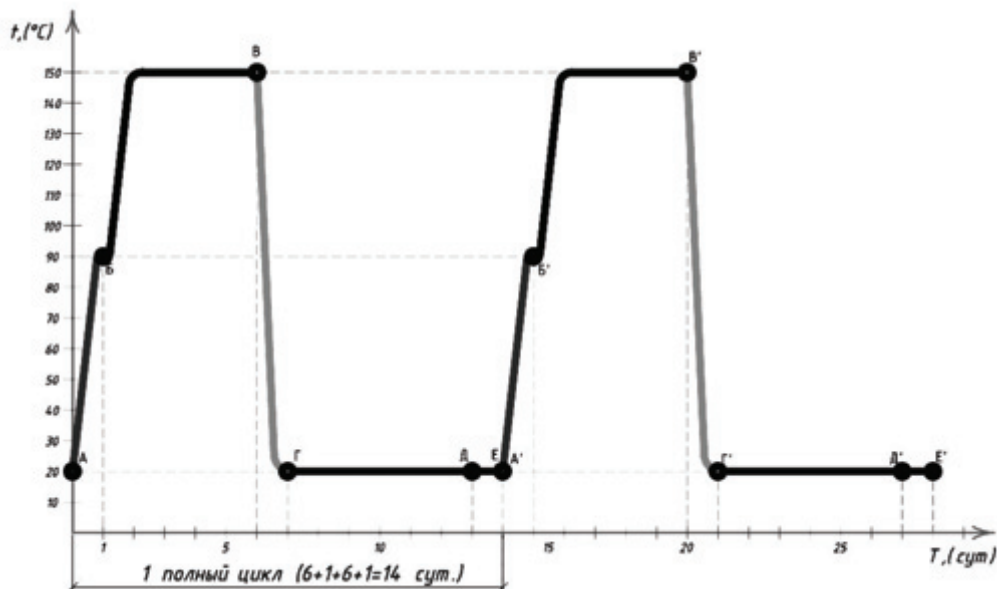


Рисунок 2 – График экспериментального исследования (цикл воздействия повышенных температур $t = 150^\circ\text{C}$ и увлажнения).

Для увлажнения образцы помещаются в металлические короба. Испытания при повышенных температурах проводятся в специальных камерах (рис. 3), в которых возможен как нагрев, так и увлажнение образца.

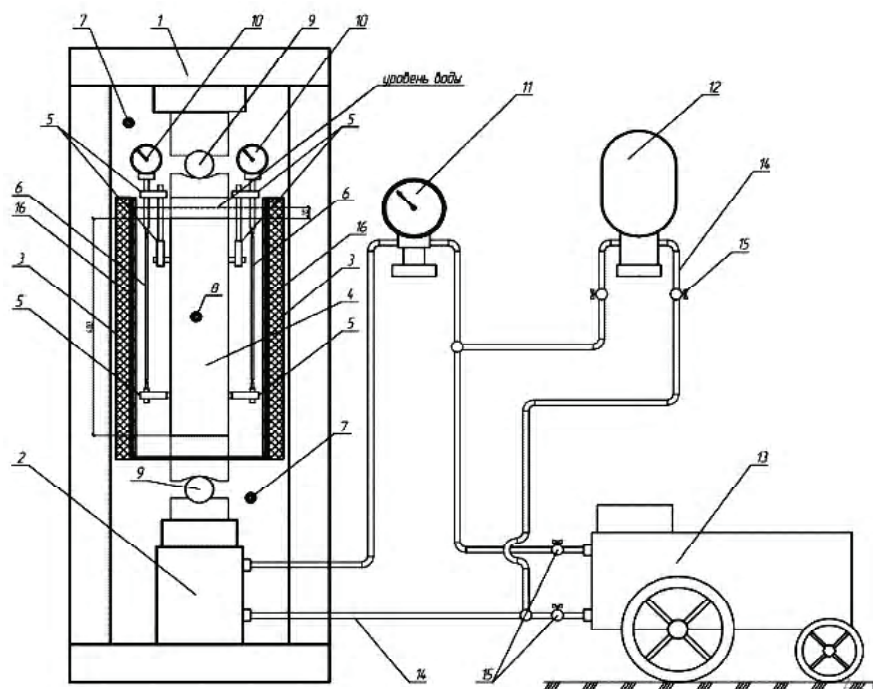


Рисунок 3 – Установка для исследования температурно-влажностных деформаций бетона при повышенных температурах и увлажнении: 1 – рама гидравлического домкрата; 2 – гидравлический домкрат; 3 – термокамеры для нагрева и увлажнения призм; 4 – призмы для исследования температурно-влажностных деформаций бетона; 5 – анкерные устройства измерительных приборов; 6 – кварцевые удлинительные шпильки; 7 – термопары регулировки внутренней температуры призм; 8 – термопары измерения температуры бетона; 9 – шаровые шарниры; 10 – индикаторы часового типа ИЧ-0,01; 11 – манометр; 12 – ресивер; 13 – маслостанция; 14 – соединительные шланги высокого давления; 15 – запорный кран; 16 – нагревательный тен.

Автоматическая регулировка температуры осуществлялась приборами РТ-0,49 и ЭРА-М. Температура бетонных образцов контролировалась с помощью хромель-копелевых термопар, закладываемых во время бетонирования. Показания термопар снимались переносным потенциометром постоянного тока типа ПП-1 с точностью до $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$. При исследовании температурно-влажностных деформаций изменение влажности бетона определялось с помощью рычажных весов. Деформации бетонных призм измеряются по двум противоположным боковым граням на базе 400 мм индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, при этом обеспечивалась точность измерения относительных деформаций до $2,5 \cdot 10^{-5}$ мм/мм. Для замера деформаций использовались металлические рамки, фиксирующие базу измерения деформаций и удлинители, выполненные из кварцевого стекла. Продольные деформации бетонных призм измерялись на базе 400 мм индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, поперечные деформации – на базе 100 мм индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм.

Все образцы изготавливаются из бетонной смеси одного замеса. Уплотнение бетонной смеси производится глубинным вибратором в два слоя по 10...15 см.

Первые 5–7 суток после бетонирования образцы выдерживаются во влажной среде – хранятся под слоем влажных опилок и периодически увлажняются водой. Затем образцы распалубиваются и их боковые поверхности покрывались эпоксидной шпаклевкой ЭП-0010 для создания одномерного поля влажности. На грани образцов наклеиваются тензодатчики сопротивления базой 50 мм для контроля деформаций бетона при кратковременных испытаниях. Для создания одномерного температурного поля по высоте образца выполняется тепловая изоляция боковых граней пенополиуретаном и каолиновой ватой.

Перед бетонированием в опалубке укрепляются термопары, репера для замера деформаций и гипсовые датчики сопротивления для контроля влажности бруса. На продольную арматуру для контроля деформаций наклеиваются тензодатчики сопротивления с базой 20 мм. Гипсовые датчики сопротивления размерами $20 \times 10 \times 40$ мм с двумя копелевыми электродами применялись для послойного определения влажности бетона элемента и располагались на расстоянии 40...45 мм по его высоте. По

результатам тарировки построены графики для определения влажности бетона в зависимости от электрического сопротивления датчиков и температуры бетона (рис. 4). Схема расстановки приборов приведена на (рис. 5).

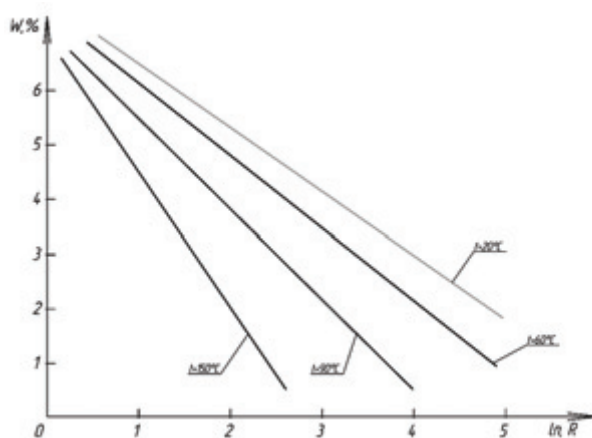


Рисунок 4 – График тарировки гипсовых датчиков влажности.

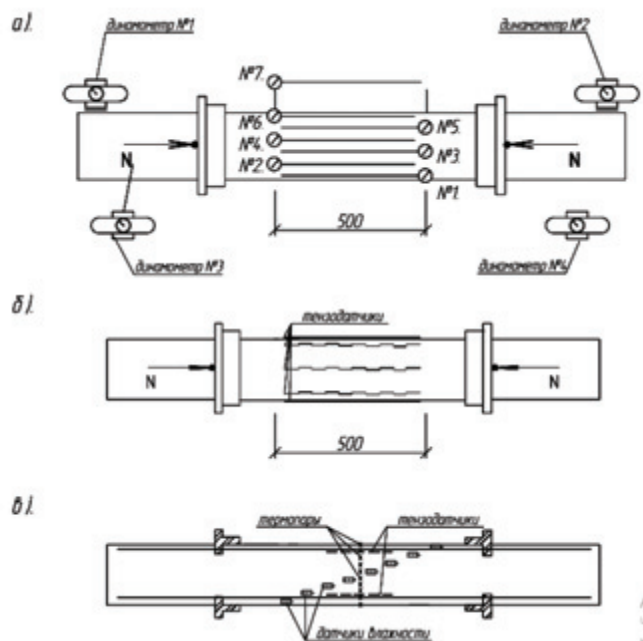


Рисунок 5 – Схема расстановки приборов: а) механических приборов; б) тензодатчиков на бетоне; в) термопар, датчиков влажности и тензодатчиков на арматуре.

Цикл нагрева – увлажнения при исследовании объемно-деформированного состояния бруса при циклических воздействиях повышенных температур и увлажнении состоял из шести суток нагрева до 90 или 150 °С, суток на охлаждение бруса, шести суток его увлажнения и суток выдержки перед нагревом в нормальных температурно-влажностных условиях. Подъем и понижение температуры осуществлялись со скоростью 10 °С в час.

В ходе испытаний выполнялся циклический нагрев и увлажнение образца при отсутствии продольной сжимающей силы при длительных испытаниях.

Исследование элементов проводилось на установке (рис. 6). На нижнюю грань образца поочередно воздействовала вода или повышенная температура, на верхней грани поддерживалась нормальная температура. Продольная ось удерживалась в прямолинейном состоянии приложением поперечных сил к консолям. Моменты, обеспечивающие прямолинейность оси, равны моментам,

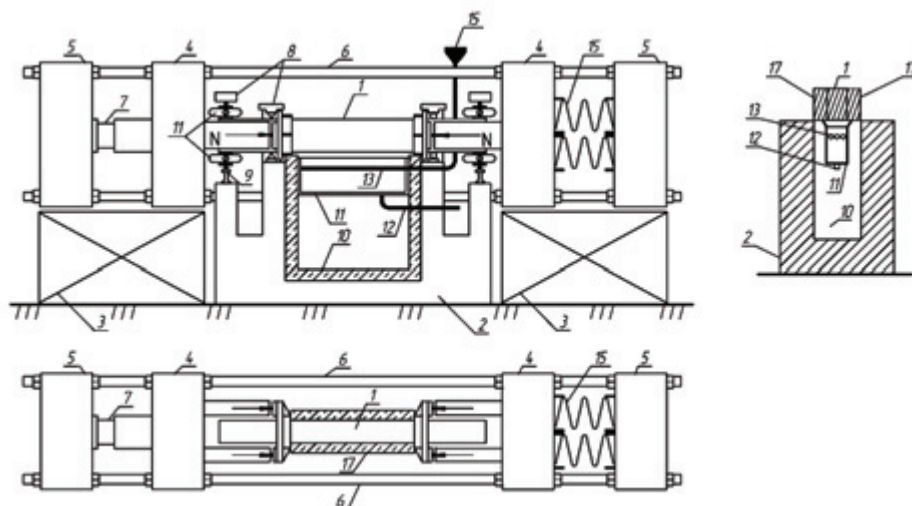


Рисунок 6 – Установка для испытания железобетонных образцов: 1 – образец (балка); 2 – опорная часть; 3 – столики; 4 – вилочные траверсы; 5 – траверсы; 6 – тяги с резьбой и гайками; 7 – гидравлический домкрат ДГ-200; 8 – траверсы; 9 – винтовые домкраты; 10 – тепловая камера; 11 – короб для увлажнения образцов; 12 – водоотводная трубка; 13 – трубки для распыления воды; 14 – трубка для создания гидростатического давления; 15 – пружины; 16 – динамометр ДОСМЗ-5; 17 – пенополиуретановая теплоизоляция.

возникающим при наличии температурных и влажностных градиентов в элементе, т. е. температурно-влажностным моментам.

Нагрев нижней грани железобетонного образца осуществлялся ТЭНами, размещенными под коробом для воды в тепловой камере. Температура автоматически поддерживалась с помощью электронного терморегулятора ПСР1-05. Увлажнение нижней грани образца производилось путем разбрызгивания водопроводной воды, поступающей в короб непрерывно во время периода увлажнения каждого цикла. Короб увлажнения состоит из трубок с отверстиями в направлении балки для подачи воды под гидравлическим напором (высота подъема воды – 20...30 см), собственно короба, служащего для сбора стекающей воды и отводных патрубков для сброса воды в канализацию.

Измерение деформаций арматуры и бетона производилось индикаторами часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм на базе 500 мм, которые крепились к реперам, замоноличенным в бетоне. В качестве удлинителей использовались кварцевые трубки для устранения погрешностей, связанных с воздействием температуры на индикаторы и реперы.

ВЫВОДЫ

Для наиболее полного изучения свойств высокопрочных бетонов класса В80 (по прочности) при циклическом нагреве до 90 °С (150 °С) и увлажнении, необходимо исследовать следующие физико-механические свойства бетона: температурно-влажностные деформации; предельные деформации; структурные характеристики бетона при сжатии, при циклическом воздействии повышенных температур и увлажнении, при циклическом воздействии повышенных температур без увлажнения и при циклическом увлажнении без воздействия повышенных температур. Цикл воздействий повышенных температур и увлажнения состоит из нагрева со скоростью 10 град/час, участок изотермической выдержки при повышенной температуре в течение шести суток, участок остывания – в течение суток, участок увлажнения – в течение шести суток и участок выдержки – в течение суток при нормальной температуре, полный цикл – (6+1)+(6+1) – продолжительностью 14 суток. Опытные образцы представляют собой брус сечением 250×120 мм и длиной 2 100 мм, а также призмы размерами 100×100×400 мм и кубы величиной грани 100 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдурахмонов, С. Э. Усилия от одностороннего воздействия воды и температуры во внецентренно растянутых железобетонных элементах [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. Э. Абдурахмонов. – Ташкент, 1990. – 23 с.

2. Александровский, С. В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия (с учетом ползучести) [Текст] / С. В. Александровский. – М. : Стройиздат, 1966. – 444 с.
3. Брыжатый, О. Э. Температурные усилия, прочность и трещиностойкость элементов железобетонных инженерных сооружений при циклическом одностороннем нагреве до 150° и увлажнении [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук / О. Э. Брыжатый. – Макеевка, 1994. – 20 с.
4. Бурчуладзе, Ш. В. Оценка атмосферостойкости гидротехнического бетона [Текст] / Ш. В. Бурчуладзе, И. Н. Панцхава, К. К. Кварцхава // Гидротехнический бетон и его работа в сооружении : Материалы конференций и совещаний по гидротехнике / Редкол.: М. Ф. Складнев (пред.) и др. – Л. : Энергия, 1984. – С. 100–104.
5. Веретенников, В. И. Прочность, деформативность и трещиностойкость внецентренно сжатых железобетонных элементов кольцевого сечения при температурах от –50 до 150 °С [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. И. Веретенников. – М., 1984. – 20 с.
6. Вишневецкий, Г. Д. Давление набухания как силовая характеристика равновесного влажностного состояния бетона [Текст] / Г. Д. Вишневецкий // Труды коорд. совещ. по гидротехнике / ВНИИГ. – Л. : Энергия, 1975. – С. 107–108.
7. ГОСТ 10180-78. Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение [Текст]. – Взамен ГОСТ 10180-74, ГОСТ 11050-64, ГОСТ 12852.1-77, ГОСТ 4800-59, ГОСТ 8424-72 ; введ. 01-01-1980. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 24 с.

Получено 04.03.2016

О. Е. БРИЖАТИЙ, В. І. КРОТЮК, Р. Ю. ЛЕМЕШЕНКО
МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ КЛАСУ В80 ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ НАГРІВАННІ
ДО 90 °С (150 °С) І ЗВОЛОЖЕННІ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Представлена методика вивчення реологічних властивостей високоміцного модифікованого бетону. Проаналізовано вплив циклічних підвищених температур до 90 і 150 °С і зволоження до повного водонасичення на міцність високоміцного бетону. Сформульовано цілі досліджень, обґрунтовані передбачувані результати експерименту з формуванням основних висновків.
бетон, нагрів, зволоження, циклічний вплив, міцність

OLEG BRIZHATY, VLADIMIR KROTIUK, RUSLAN LEMESHENKO
THE METHODOLOGY FOR EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF
PROPERTIES OF THE HIGH-STRENGTH CONCRETE OF B80 CLASS AT THE
HEAT CYCLING TO 90 DEG. C (150 DEG. C) AND HUMIDIFICATION
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The methodology of the study of rheological properties of high-strength modified compression is presented. The influence of the cyclic high temperatures to 90 deg. C and 150 deg. C and humidification till complete water saturation on the reliability of the high-strength compression has been analyzed. Research objectives have been formulated; constructive results of the experiment with the basic premise formation have been explained.
concrete, heat, humidification, cyclic influence, reliability

Брижатый Олег Едуардович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вплив циклічної дії підвищених температур і зволоження на реологічні властивості важкого бетону.

Кротюк Володимир Ігорович – асистент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вплив циклічної дії підвищених температур і зволоження на реологічні властивості високоміцного модифікованого бетону.

Лемешенко Руслан Юрійович – студент магістр кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вплив циклічної дії зволоження на реологічні властивості високоміцного модифікованого бетону.

Брыжатый Олег Эдуардович – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: влияние циклического воздействия повышенных температур и увлажнения на реологические свойства тяжёлого бетона.

Кротюк Владимир Игоревич – ассистент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: влияние циклического воздействия повышенных температур и увлажнения на реологические свойства высокопрочного модифицированного бетона.

Лемешенко Руслан Юрьевич – студент магистр кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: влияние циклического воздействия увлажнения на реологические свойства высокопрочного модифицированного бетона.

Brizhaty Oleg – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the influence of heat cyclic heating and humidity up to full water saturation on the strength of heavy concrete.

Krotiuk Vladimir – assistant, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests include the impact of cyclical effects of moisture on the rheological properties of high-strength modified concrete.

Lemeshenko Ruslan – Master's student, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: include the impact of cyclical effects of moisture on the rheological properties of high-strength modified concrete.

УДК 666.974.2

А. Н. ЕФРЕМОВ, О. Б. КОНЕВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ПРЕССОВАННЫХ ШЛАКОБЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Представлены результаты исследований свойств шлакобетонов. Определено влияние концентрации жидкого стекла, содержания тонкодисперсных шлаков и условий твердения на прочность шлакобетонов на основе вяжущих из промышленного жидкого стекла, дисперсных гранулированного доменного и кристаллических сталеплавильных шлаков. Получены бесцементные бетоны полусухого прессования марок по прочности 100...200.

шлакобетон, жидкое стекло, условия твердения, прочность

ВВЕДЕНИЕ

На заводах черной металлургии Украины с целью извлечения металла и утилизации производится интенсивная переработка стабилизированных отвальных сталеплавильных шлаков в щебень и песок. Щебенистые фракции широко используются в строительстве: при устройстве оснований под фундаменты зданий и сооружений, отсыпке территории, возведении насыпей дамб, железных и автомобильных дорог, в конструктивных слоях дорожной одежды и других общестроительных работ, в качестве заполнителей цементных бетонов.

При дроблении и фракционировании шлаков образуется до 30 % песчаной фракции, которая сама содержит до 20...30 % пылевидной фракции 0–0,16 мм, вследствие чего пользуется у строителей ограниченным спросом. Пылевидная фракция менее 0,16 мм образовалась в результате силикатного распада минералов шлаков и состоит в основном из γ -2CaO·SiO₂. Из ряда исследований известно [1–3], что жидкое стекло способно отверждаться тонкодисперсными материалами, содержащими γ -2CaO·SiO₂. При этом образуется водостойкая связка. Однако такие вяжущие характеризуются чрезмерно короткими сроками схватывания.

В работах [4, 5] нами обоснованы актуальность, научная гипотеза и новизна исследований по разработке технологии производства шлакобетонных изделий методом полусухого прессования. Основой таких бетонов является жидкостекольное вяжущее, твердеющее за счет реакции между γ -2CaO·SiO₂ и водным раствором силиката натрия. Показана возможность получения бетонов марок 100–200 и выше.

Цель настоящих исследований – определение влияния концентрации жидкого стекла, содержания тонкодисперсных шлаков и условий твердения на прочность шлакобетонов на основе вяжущих из промышленного жидкого стекла, дисперсных гранулированного доменного и кристаллических сталеплавильных шлаков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве шлакового компонента вяжущих использовались фракции менее 0,16 мм мартеновского и электросталеплавильного шлаков завода «Донецксталь» и молотый доменный гранулированный шлак Мариупольского комбината им. Ильича с остатками на сите 0,08 мм соответственно 12, 16 и 8 %. Жидкое стекло имело силикатный модуль 2,9.

В качестве мелкого и крупного заполнителей применяли стабилизированные песчаную и щебенистую фракции 0,16...5,00 и 5...10 мм мартеновского шлака. Щебенистая фракция по пределу прочности при стандартном испытании соответствовала марке 1 200 (дробимость – 11,9...12,1 %).

Для испытания бетонов применялись образцы-цилиндры диаметром и высотой 7 см, отпрессованные при давлении 20 МПа. В основных исследованиях использовался бетон с расходом шлаковых компонентов, %: щебень – 50, песок – 25, пылеватая фракция 0...0,16 мм – 25. Жидкое стекло вводилось в смесь в количестве 14...18 % от массы сухих составляющих.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Концентрация или плотность жидкого стекла – один из основных технологических факторов, влияющих на активность вяжущих. Результаты исследования влияния плотности жидкого стекла на прочность мелкозернистого прессованного бетона приведены на рис. 1.

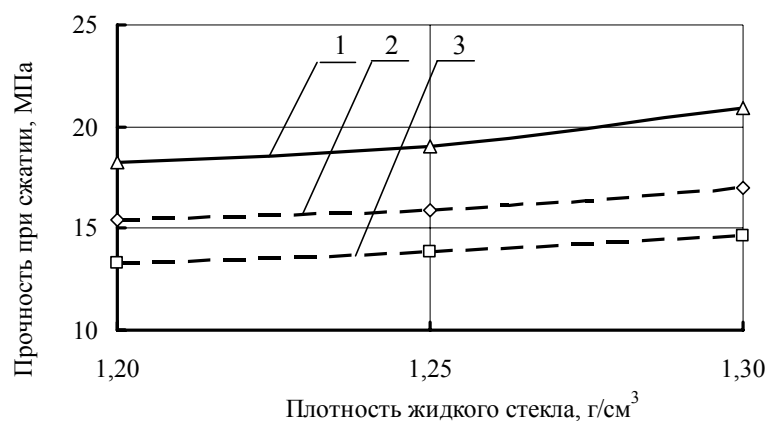


Рисунок 1 – Влияние плотности жидкого стекла на прочность прессованных бетонов на основе пылеватой фракции: 1 – электросталеплавильного шлака; 2 – доменного граншлака (молотого); 3 – мартеновского шлака.

Анализ полученных результатов свидетельствуют о том, что с увеличением плотности жидкого стекла прочность бетонов на всех видах исследованных шлаков растет. Однако этот рост незначительный и составляет при увеличении плотности жидкого стекла от 1,20 до 1,30 г/см³ (концентрация изменяется от 18,5 до 28 % [6]) 10...22 %.

Влияние расхода тонкодисперсных шлаков более существенно. С увеличением расхода вяжущих с 15 до 35 % от массы сухой смеси также происходит прямо пропорциональный рост прочности бетонов, но этот рост значительно больший и составляет 25...31 %, о чем свидетельствует данные рис. 2.

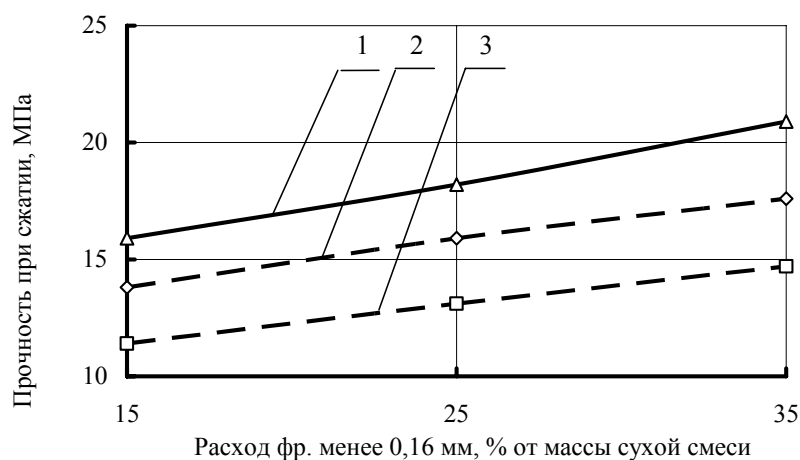


Рисунок 2 – Влияние расхода пылеватой фракции на прочность прессованных бетонов на основе: 1 – электросталеплавильного шлака; 2 – доменного граншлака (молотого); 3 – мартеновского шлака.

Как известно [7], заполнители из отвалных сталеплавильных шлаков подвержены силикатному распаду, что может вызвать снижение прочности бетона и даже полное его разрушение. Для проверки стабильности заполнителей проведены исследования зависимости прочности от длительности твердения бетонов в нормальных условиях и в воде. Анализ результатов, приведенных в табл. 1 и 2, показывает, что в течение года выдержки в нормальных условиях прочность бетонов возрастает на 53...69 % по сравнению с образцами 28-суточного возраста. Аналогичные результаты получены при выдержке образцов в воде, но прочность бетонов на вяжущих из тонкодисперсного мартеновского и доменного шлака растет несколько меньше, на 37...40 %. Характерно, что образцы на электросталеплавильном шлаке в воде удваивают свою прочность.

Таблица 1 – Зависимость прочности бетонов от длительности твердения в нормальных условиях

№ пп	Вид дисперсного шлака	Прочность при сжатии (МПа перед чертой, % после черты), после твердения в течение, сут.			
		7	28	90	365
1	Электросталеплавильный	13,3/82	16,2/100	23,6/146	27,4/169
2	Доменный граншлак	7,2/78	9,2/100	12,6/137	14,8/161
3	Мартеновский	6,1/76	8,0/100	10,8/135	12,2/153

Таблица 2 – Зависимость прочности бетонов от времени твердения в воде

№ пп	Вид дисперсного шлака	Прочность (МПа перед чертой, % после черты) после твердения в течение, сут.			
		7	28	90	365
1	Электросталеплавильный	7,5/64	11,8/100	19,7/167	24,1/204
2	Доменный граншлак	4,5/59	7,6/100	10,1/133	11,2/160
3	Мартеновский	4,3/61	7,0/100	8,5/121	9,6/137

Результаты исследования влияния длительности тепловлажностной обработки при температуре 85 °С показали (табл. 3), что соотношение между активностью вяжущих из исследованных шлаков остается примерно таким же, как и при нормальном твердении. При этом следует отметить два момента: во-первых, установлено, что при пропаривании наиболее интенсивно прочность растет в первые 8 часов изотермической выдержки; во-вторых, за это время бетоны набирают практически 150...190 % прочности от прочности образцов, твердеющих в стандартных условиях.

Таблица 3 – Зависимость прочности бетонов от времени изотермического прогрева при пропаривании

№ пп	Вид дисперсного шлака	Прочность (МПа перед чертой, % после черты) после пропаривания в течение, час.		
		2	8	16
1	Электросталеплавильный	13,5	17,9/100	19,8/111
2	Доменный граншлак	11,3	14,7/100	19,2/130
3	Мартеновский	8,9	11,7/100	14,3/122

ВЫВОД

Определены основные технологические параметры (концентрация жидкого стекла, содержание тонкодисперсных шлаков, условия твердения), позволяющие получать бесцементные шлакобетонные изделия полусухого прессования марок 100...200.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов, К. Д. Жаростойкие бетоны на жидком стекле с различными добавками [Текст] / К. Д. Некрасов, А. П. Тарасова // Жаростойкие бетоны : научное издание / НИИ бетона и железобетона ; ред. К. Д. Некрасов. – М. : Стройиздат, 1964. – С. 125–138.
2. Тарасова, А. П. Жаростойкие вяжущие на жидком стекле и бетоны на их основе [Текст] / А. П. Тарасова. – М. : Стройиздат, 1982. – 132 с.

3. Тарасова, А. П. Жаростойкие бетоны на жидком стекле со шлаками ферросплавных производств [Текст] / А. П. Тарасова, А. А. Блюсин // Жаростойкие бетоны : научное издание / НИИ бетона и железобетона ; ред. К. Д. Некрасов. – М. : Стройиздат, 1964. – С. 157–168.
4. Ефремов, А. Н. Бесцементные прессованные мелкозернистые бетоны на основе кристаллических сталеплавильных шлаков [Текст] / А. Н. Ефремов, О. Б. Конев // Научно-практическая конференция «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» / М-во обр. и науки РФ, ФГБОУ ВПО «МГСУ». – М. : ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2013. – С. 88–91.
5. Ефремов, А. Н. Мелкозернистые прессованные бесцементные бетоны [Текст] / А. Н. Ефремов, О. Б. Конев // СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА – 2015 : материалы международной научно-практической конференции. Том 2 / ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. – М. : Редакционно-издательский центр РГСУ, 2015. – С. 481–482.
6. Григорьев, П. Н. Растворимое стекло [Текст] / П. Н. Григорьев, В. И. Матвеев. – М. : Промстройиздат, 1956. – 443 с.
7. Бетоны и изделия на шлаковых и зольных цементах [Текст] / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, Б. Н. Виноградов [и др.]. – М. : Стройиздат, 1963. – 364 с.

Получено 07.03.2016

О. М. ЄФРЕМОВ, О. Б. КОНЄВ
ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЦНОСТІ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ ПРЕСОВАНИХ
ШЛАКОБЕТОНІВ НА ОСНОВІ РІДКОГО СКЛА ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ФАКТОРІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті представлено результати досліджень властивостей шлакобетонів. Визначено вплив концентрації рідкого скла, вміст тонкодисперсних шлаків і умов твердіння на міцність шлакобетонів на основі в'язучих з рідкого промислового скла, дисперсних гранульованого доменного і кристалічних сталеплавильних шлаків. Отримані безцементні бетоны напівсухого пресування марок за міцністю 100–200.

шлакобетон, рідке скло, умови твердіння, міцність

ALEXANDER YEFREMOV, OLEG KONEV
DEPENDENCE OF DURABILITY OF THE FINE-GRAINED PRESSED CINDER
CONCRETE ON THE BASIS OF LIQUID GLASS FROM TECHNOLOGY
FACTORS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article presents the results of investigations of the properties of cinder concrete. Defined influence of concentration of liquid glass, content of fine slags and conditions of curing on durability of cinder concrete on the basis of knitting from industrial liquid glass, disperse granulated domain and crystal steel-smelting slags. Received cement less concretes of moist pressing of brands on durability 100–200.

slag concrete, liquid glass, curing conditions, strength

Єфремов Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: в'язучі і бетоны на основі промислових відходів; жаростійкі та вогнетривкі бетоны.

Конев Олег Борисович – асистент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: бетоны на основі кристалічних металургійних шлаків і рідкого скла.

Ефремов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов, жаростойкие и огнеупорные бетоны.

Конев Олег Борисович – ассистент кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: бетоны на основе кристаллических металлургических шлаков и жидкого стекла.

Yefremov Alexander – D.Sc. (Eng.), Professor, Technology of Production of Building Constructions, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste, refractory concretes.

Konev Oleg – assistant, Technology of Production of Building Constructions, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: concretes on the basis of crystalline metallurgical slags and liquid silica glass.

УДК 624.014:624.012

И. М. ГАРАНЖА, Н. М. ЗАЙЧЕНКО, А. В. ТАНАСОГЛО, Ж. Н. ВОЙТОВА, С. В. ГАРАНЖА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ БЕТОН КАК ОСНОВА МЕТАЛЛОКОМПЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассмотрены вопросы, связанные с возможностью практического использования самоуплотняющегося бетона в металлокомпозитных конструкциях, учитывая его особенности как конструкционного материала. Экспериментальным путем получен состав и дозировки компонентов самоуплотняющегося бетона классов В20...В40. В результате механических испытаний получены реальные физико-механические характеристики бетона – кубиковая и цилиндрическая прочность, модуль упругости. Выполнены экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния многогранных трубобетонных элементов с применением самоуплотняющегося бетона при центральной сжатии, на основании результатов которых определены разрушающая нагрузка (несущая способность), характер разрушения, а также порядок разрушения материалов в составе композитной конструкции.

металлические многогранные стойки, трубобетонные конструкции, самоуплотняющийся бетон, минеральные добавки, прочность бетона, модуль упругости, несущая способность

ВВЕДЕНИЕ

Современные строительные конструкции любой направленности должны соответствовать ужесточенным требованиям прочности, надежности, долговечности, экономичности и эстетичности. Не исключением в этом аспекте являются и многогранные трубобетонные конструкции для создания объектов городской инфраструктуры: опоры воздушных линий электропередачи (ВЛ), башни мобильной связи, осветительные стойки, опоры контактной сети горэлектро- и ж/д транспорта и т. д. (рис. 1) [1–4]. Создание такого рода композитных конструкций предполагает необходимость использования в их составе материалов, способных обеспечить соответствие предлагаемых объектов городского строительства всем вышеупомянутым требованиям. Таковыми могут быть самоуплотняющийся бетон (СУБ) и металлические многогранные гнутые стойки (МГС).



Рисунок 1 – Перспективные трубобетонные объекты.

Целью работы является получение модифицированного состава самоуплотняющегося бетона, а также экспериментальное определение его реальных физико-механических характеристик (прочность при сжатии и модуль упругости) и особенностей работы под нагрузкой в составе металлокомпозитной (трубобетонной) конструкции.

Обоснование выбора СУБ и МГС в качестве конструктивных материалов

Предлагаемые композитные объекты – это конструкции, основанные на уже апробированных в практике строительства металлических многогранных стойках (количество граней $n = 6...24$), заполненные самоуплотняющимся бетоном [1–6]. МГС представляют собой конические трубы коробчатого многогранного сечения, изготавливаемые изгибом стального листа с последующим свариванием его замыкающего стыка на ребре или грани (рис. 2) [5, 6].

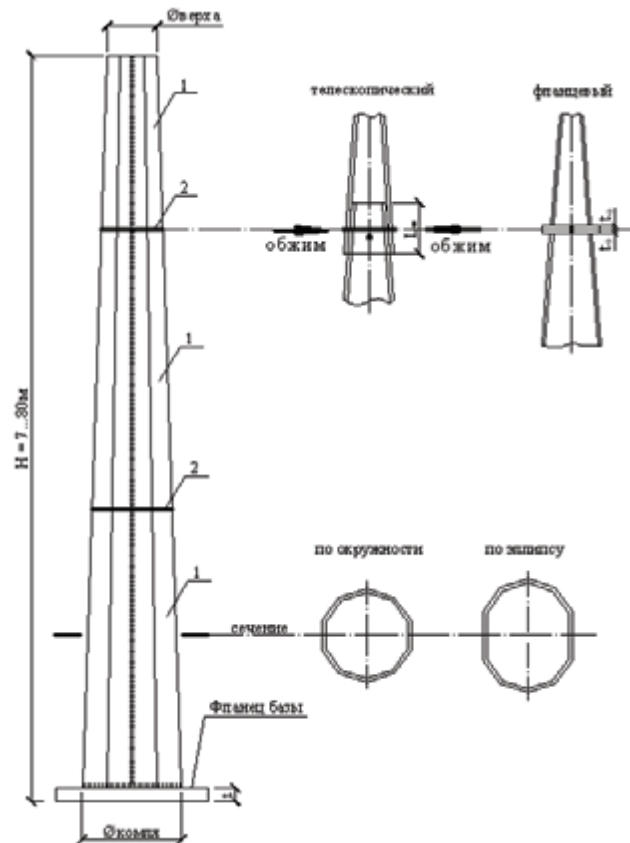


Рисунок 2 – Общая конструктивная схема МГС: 1 – секция; 2 – стык секций.

Самоуплотняющийся бетон – это многокомпонентный композиционный силикатный материал, который в свежеприготовленном состоянии обладает таким уровнем текучести и подвижности, что бетонная смесь способна заполнять опалубку в процессе укладки только за счет собственного веса и достигать требуемой степени уплотнения без применения какого-либо внешнего уплотняющего воздействия [7–10].

Почему принято сочетание МГС и СУБ – во-первых, МГС являются эстетически привлекательными элементами. Во-вторых, узкобазымы, что значительно снижает землеотвод под строительство [5, 6]. И эти свойства являются особо актуальными при возведении объектов в городских условиях (опоры низковольтных ВЛ, башни мобильной связи, осветительные стойки и многое другое). Однако у ММТ есть один существенный недостаток – перерасход стали за счет замкнутости сечения [6]. Поэтому, заполняя внутренние полости бетоном, возможно значительное уменьшение расхода стали и, как следствие, снижение стоимости конструкции в целом, при этом сохраняя эстетичность и узкобазымость конструкции. Кроме того, совместная работа стали и бетона – это некий механический симбиоз, при котором труба сдерживает развитие микротрещин в бетоне, а бетон, в свою очередь, снижает вероятность потери устойчивости трубы [1–6].

Рассматривая МГС, имеющих форму усеченного конуса, в качестве базиса можно сделать вывод о практической невозможности их бетонирования в заводских условиях. Следовательно, необходимо иметь такой материал, который позволит качественно создать трубобетонные конструкции в условиях строительной площадки. Таким представляется самоуплотняющийся бетон.

Выбор данного типа бетона основывается на его *положительных особенностях* как конструкционного материала, в частности [7, 8, 11, 12, 15]:

- качественное заполнение внутренней полости ММТ;
- отсутствие необходимости в вибрировании при монтаже;
- снижение сроков строительства;
- минимизация наличия пустот и дефектов;
- соизмерим по стоимости с классическим бетоном (а в ряде случаев и дешевле!!!).

В то же время характерными *недостатками* СУБ являются:

- невозможность использования в зимний период (возможно только с применением противоморозных добавок, которые существенно ускоряют сроки схватывания);
- удорожание за счет использования в их составе минеральных добавок – микрокремнезема или золы-уноса (ТЭС);
- возможен эффект «седиментации» (оседание частиц крупного заполнителя под действием сил гравитации), особенно при использовании СУБ в вертикальных опалубках. В данном случае в состав бетона необходимо дополнительно вводить специальные добавки «модификаторы вязкости», повышающие когезию цементной пасты, что позволит исключить эффект седиментации без потери уже имеющихся преимуществ СУБ.

Определение состава и дозировок компонентов СУБ опытным путем

Известно, что в состав СУБ входят следующие компоненты: крупный и мелкий заполнители (щебень и песок, соответственно), цемент, вода, пластификатор и, как особенность, минеральные добавки в виде микрокремнезема или золы ТЭС, направленные на значительное повышение прочности материала [7–15]. В то же время анализ результатов предварительных аналитических расчетов многогранных трубобетонных конструкций на различные силовые факторы, выполненных по отечественным и зарубежным методикам с учетом реальных эксплуатационных нагрузок, указывают на отсутствие необходимости использования в рассматриваемых композитных конструкциях высокопрочных бетонов, которые достаточно дорогостоящие. В связи с чем совместно с испанскими коллегами из университета г. Аликанте была предпринята попытка экспериментально получить более экономичный состав СУБ.

Предварительные тестовые испытания образцов самоуплотняющегося бетона с добавкой микрокремнезема или золы еще раз подтвердили слишком высокую прочность исследуемого материала и невозможность результирующего выхода на СУБ более низких классов (ниже В40). Опираясь на полученные результаты, было принято решение отказаться от использования минеральных добавок по следующим причинам:

- добавление микрокремнезема в состав бетона резко увеличивает его прочность и стойкость смеси к расслоению, но в то же время существенно снижает ее подвижность и повышает стоимость;
- зола ТЭС также, как и микрокремнезём, повышает прочность бетона, и кроме того, полученная на различных станциях, она имеет разные характеристики и свойства, что делает невозможным нахождение единого состава бетона с применением данного материала.

Впоследствии проведена вторая серия механических испытаний образцов-кубиков размерами 150×150×150 мм на осевое сжатие с различными дозировками компонентов (рис. 3).

Образцы бетона испытывали согласно стандартной методике, определяли предел прочности при сжатии в возрасте 7 (R7, МПа) и 28 (R28, МПа) суток твердения образцов в нормальных условиях твердения. В результате предложены дозировки компонентов для самоуплотняющихся бетонов классов В20...В40 без использования минеральных упрочняющих добавок с требуемым уровнем подвижности. Под термином «подвижность» бетонной смеси понимается диаметр расплыва бетонной смеси без встряхивания и уплотнения, полученный при использовании «конуса Абрамса» [15]. Параметр подвижности постоянно контролировался на протяжении всего процесса испытаний, при этом минимальный диаметр расплыва бетонной смеси D принимался не менее 500 мм, который указывает на достаточную подвижность СУБ для рассматриваемых конструкций. В конечном итоге для полученных составов СУБ параметр D находится в пределах 540...620 мм (рис. 4).

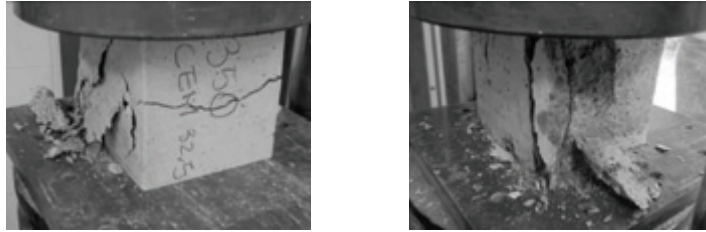


Рисунок 3 – Процесс испытания образцов-кубиков самоуплотняющегося бетона.



Рисунок 4 – Контроль подвижности и отсутствия эффекта расслоения СУБ.

Экспериментальное определение реальных физико-механических СУБ

На следующем этапе проведены механические испытания цилиндрических образцов из самоуплотняющегося бетона предложенного состава (классов В20, В25 и В30) при центральном сжатии, с целью экспериментально определить реальные значения их физико-механических характеристик – призмную прочность бетона R_b (МПа) и модуль упругости E (МПа), в соответствии со специальными нормативными документами Испании [16, 17].

В качестве испытываемых были приняты цилиндрические образцы, изготовленные из СУБ предложенного состава диаметром $d = 150$ мм и высотой $H = 2d = 300$ мм.

При определении прочности бетона на сжатие испытываются три образца под прессом, при линейно возрастающей нагрузке со скоростью в пределах $0,2...1,0$ МПа/с до их разрушения. Конечный результат R_b получается путем нахождения среднего значения прочностей, полученных по трём образцам [16].

Процесс экспериментального определения модуля упругости бетона согласно [17] происходит в два этапа, каждый из которых включает в себя четыре цикла, а именно (рис. 5):

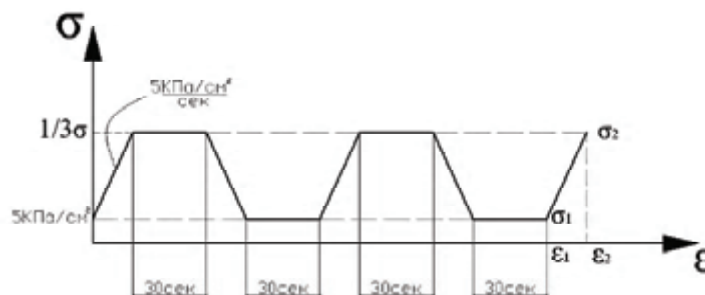


Рисунок 5 – Графический алгоритм определения модуля упругости бетона.

- 1) нагружение образца от начального напряжения $\sigma_1 = 5$ кПа/см² до $1/3$ его призмной (цилиндрической) прочности $\sigma_{пр}$;
- 2) выдерживание образца в нагруженном состоянии (при $1/3 \sigma_{пр}$) в течение 30 секунд;
- 3) разгрузка до значения напряжения в образце σ_1 ;
- 4) выдерживание образца при напряжении σ_1 в течение 30 секунд.

Вышеупомянутый набор циклов повторяется дважды. По окончании циклов, используя специальные тензодатчики и тензометрическое устройство (рис. 6), фиксируются напряжения в образце и соответствующие им деформации, по которым и вычисляется модуль упругости бетона (табл. 1).



Рисунок 6 – Экспериментальное определение модуля упругости самоуплотняющегося бетона.

Таблица 1 – Экспериментальные физико-механические характеристики самоуплотняющегося бетона при центральном сжатии

Класс бетона	Цилиндрическая прочность R_b , МПа	Модуль упругости E , МПа
B20	10,5	45 411,7
B25	13,9	47,635,1
B30	15,9	49 238,1

Экспериментальные исследования характера разрушения трубобетонных конструкций на основе СУБ

На заключительном этапе работы выполнены экспериментальные исследования несущей способности многогранных трубобетонных элементов с применением самоуплотняющегося бетона при центральном сжатии. Для проведения исследований было изготовлено восемь металлических многогранных образцов, в качестве заполнителя которых использовался самоуплотняющийся бетон предложенных составов для классов B20 и B30. Нагружалась бетонная часть образцов линейно возрастающей нагрузкой и конструкция доводилась до разрушения. В результате были определены: разрушающая нагрузка (несущая способность элементов) и характер разрушения образцов.

Анализ результатов испытания трубобетонных многогранников показал очередность разрушения материалов в составе композитной конструкции, при которой предельное состояние наступает первым для стальной трубы. Характерными видами разрушения являются развитие пластических деформаций и разрыв продольных сварных швов (рис. 7), что, в принципе, подтвердило предварительные расчетные предпосылки.

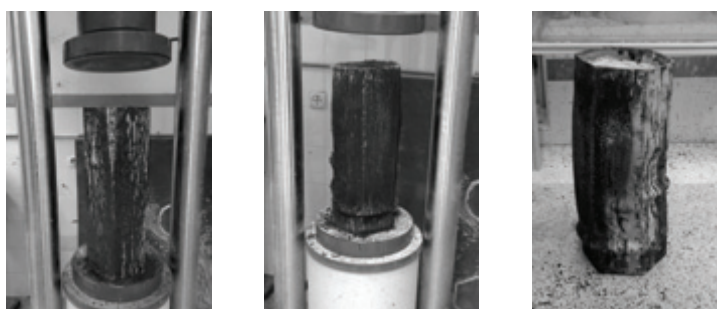


Рисунок 7 – Характер разрушения трубобетонных образцов.

ВЫВОД

Полученные составы СУБ низких классов по прочности, безусловно, не являются окончательными и готовыми к практическому использованию. Это лишь подспорье к более углубленному изучению материала, особенностей его механической работы с целью в конечном итоге выйти на конкретный экономичный состав СУБ, способный качественно работать в составе предлагаемых конструкций. Аналогичная ситуация и с предлагаемыми трубобетонными конструкциями, так как для получения возможности полноценного их внедрения в практику строительства необходимо детально проработать вопросы НДС, надежности, обосновать их экономическую эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаранжа, И. М. Модифицированные опоры воздушных линий электропередачи на основе металлических многогранных стоек [Текст] / И. М. Гаранжа // Воздушные линии. – Санкт-Петербург, 2013. – № 3 (12). – С. 15–20.
2. Гаранжа, И. М. Эффективные электросетевые конструкции на основе многогранных трубобетонных стоек [Текст] / И. М. Гаранжа // Современные строительные конструкции из металла и древесины : Сборник научных трудов. – Одесса : ОГАСА, 2013. – № 17. – С. 45–50.
3. Garanzha, I. Analytical methods for determination a load capacity of concrete-filled tubes under axial compression [Текст] / I. Garanzha, N. Vatin // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 633–634. – P. 965–971.
4. Гаранжа, И. М. О подходах к расчету трубобетонных конструкций в Украине и за рубежом [Текст] / И. М. Гаранжа // Металлические конструкции. – 2014. – Т. 20, № 1. – С. 45–53.
5. Гаранжа, И. М. Эффективность применения многогранных гнутых стоек (МГС) для опор воздушных линий электропередачи (ВЛ) в условиях современной Украины [Текст] / И. М. Гаранжа, В. Н. Васылев // Металлические конструкции. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 163–168.
6. Гаранжа, І. М. Напружено-деформований стан металевих багатограних стояків с урахуванням особливостей вітрового впливу [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 / Гаранжа І. М. ; Донбаська національна академія будівництва і архітектури. – Макіївка, 2012. – 20 с.
7. Баженов, Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны [Текст] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : АСВ, 2006. – 368 с.
8. Зайченко, Н. М. Оптимизация состава высокопрочного бетона по критериям удобоукладываемости смесей и прочности бетона [Текст] / Н. М. Зайченко, А. К. Халюшев, Е. В. Сахошко // Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури. – Одеса : МПП «ЕВЕН», 2004. – Вип. 15. – С. 126–133.
9. Зайченко, Н. М. Самоуплотняющиеся бетоны, дисперсно-армированные полимерными волокнами [Текст] / Н. М. Зайченко, С. В. Лахтарина // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2013. – Вип. 22. – С. 63–70.
10. Bartos, P.J.M. Self-compacting concrete [Текст] / P.J.M. Bartos // Concrete. – 1999. – Vol. 33(4). – P. 9–14.
11. Siddique, R. Properties of self-compacting concrete containing class F fly ash [Текст] / R. Siddique // Mater Des. – 2011. – Vol. 32, № 1501. – P. 7–18.
12. Felekoplu, B. Effect of chemical structure of polycarboxylate-based superplasticizer on workability retention of self-compacting concrete [Текст] / Burak Felekoplu, Hasan Sarikahya // Construction and Building Materials. – 2008. – Vol. 22, No 9. – P. 1972–1980.
13. Okamura, H.M. Self-compacting concrete [Текст] / H.M. Okamura, M. Ouchi // J Adv Concr Technol. – 2003. – Vol. 1(1). – P. 5–15.
14. Domone, P.L. Self-compacting concrete: an analysis of 11 years of case studies [Текст] / P.L. Domone // Cem Concr Compos. – 2006. – Vol. 28. – P. 197–208.
15. Подбор состава самоуплотняющегося бетона без минеральных добавок для использования в трубобетонных конструкциях [Текст] / И. М. Гаранжа, С. В. Лахтарина, Н. М. Зайченко [и др.] // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2015. – Т. 11, № 3. – С. 119–130.
16. UNE-EN 12390-3:2001. Ensayos de hormigyn endurecido [Текст]. Parte 3: Determinaciyn de la resistencia a compresiyn de probetas / Norma espacola. – Madrid : Asociaciyn Espacola de Normalizaciyn y Certificaciyn, 2001. – 19 p.
17. UNE 83316:1996. Ensayos de hormigyn. Determinaciyn del mydulo de elasticidad en compression [Текст] / Norma espacola. – Madrid : Asociaciyn Espacola de Normalizaciyn y Certificaciyn, 1996. – 16 p.

Получено 09.03.2016

І. М. ГАРАНЖА, М. М. ЗАЙЧЕНКО, А. В. ТАНАСОГЛО, Ж. М. ВОЙТОВА,
С. В. ГАРАНЖА

БЕТОН, ЩО САМОУЩІЛЬНЮЄТЬСЯ, ЯК ОСНОВА
МЕТАЛОКОМПЗИТНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуті питання, пов'язані з можливістю практичного використання бетону, що самоупільнюється, в металокомпозитних конструкціях, враховуючи його особливості як конструкційного матеріалу. Експериментальним шляхом отримано склад та дозування компонентів бетону, що самоупільнюється, низьких класів (B20...B40). В результаті механічних випробувань отримані реальні фізико-механічні характеристики бетону – кубикова і циліндрична міцність, модуль пружності. Виконані експериментальні дослідження напружено-деформованого стану багатограних трубобетонних елементів із застосуванням бетону, що самоупільнюється, при центральному стиску, на основі результатів яких визначено руйнівне навантаження (несуча здатність), характер руйнування, а також порядок руйнування матеріалів у складі композитної конструкції.

металеві багатогранні стояки, трубобетонні конструкції, бетон що самоупільнюється, мінеральні добавки, кубикова та циліндрична міцність бетону, модуль пружності, несуча здатність

IGOR GARANZHA, MYKOLA ZAICHENKO, ANTON TANASOGLO,
ZHANNA VOITOVA, SOFIYA GARANZHA
SELF COMPACTING CONCRETE AS A BASE OF STEEL-COMPOSITE
STRUCTURES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The paper deals with the questions, related to a possibility of a practical use of a self-compacting concrete in steel-composite structures, taking into account its characteristics as a structural material. Experimentally it has been obtained composition and a dosage of SCC components grade C20...C40. As a result of mechanical tests was obtained the real physical-mechanical characteristics of the concrete – a cube and cylindrical strength and a modulus of elasticity. It has been carried out the experimental researches of a stress-strain state of multifaceted pipe-concrete elements using SCC under axial compression, based on the results of which determined the breaking load (load capacity), the nature of the destruction, and the a destruction procedure of materials as part of the composite structure.

steel multifaceted poles, pipe-concrete structures, self-compacting concrete, mineral additives, cube and cylindrical strength, modulus of elasticity, load capacity

Гаранжа Ігор Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих, багатограних листових і трубобетонних опор повітряних ліній електропередач, створення нових конструктивних рішень опор ПЛ із застосуванням прогресивних технологій і матеріалів.

Зайченко Микола Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: високоміцні і особливо високоміцні бетони на основі модифікованих дисперсних компонентів бетону.

Танасогло Антон Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність та оптимальне проектування конструкцій повітряних ліній електропередачі і антенних опор, вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих конструкцій баштового типу.

Войтова Жанна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: оптимальне проектування металевих і дерев'яних конструкцій.

Гаранжа Софія Віталіївна – магістрант кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи і пошук раціональних конструктивних рішень трубобетонних конструкцій з використанням прогресивних матеріалів.

Гаранжа Ігорь Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение действительной работы металлических решетчатых, многогранных листовых и трубобетонных опор воздушных линий электропередачи, создание новых конструктивных решений опор ВЛ с применением прогрессивных технологий и материалов.

Зайченко Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: высокопрочные и особо высокопрочные бетоны на основе модифицированных дисперсных компонентов бетона.

Танасогло Антон Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: эксплуатационная надежность и оптимальное проектирование конструкций воздушных линий электропередачи и антенных опор, изучение действительной работы металлических решетчатых конструкций башенного типа.

Войтова Жанна Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: оптимальное проектирование металлических и деревянных конструкций.

Гаранжа София Витальевна – магистрант кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение действительной работы и поиск рациональных конструктивных решений трубобетонных конструкций с использованием прогрессивных материалов.

Garanzha Igor – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of the valid work steel lattice, multifaceted and composite

supports of overhead power transmission lines. Creation new constructive decisions of OPTL supports with application progressive technologies and materials.

Zaichenko Mykola – D.Sc. (Eng.), Professor, the Head of Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high-strength and high-performance concretes based on modified fillers.

Tanasoglo Anton – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability and optimal designing of overhead power transmission line and antenna support structures, studying of the valid work of metal lattice tower supports.

Vojtova Zhanna – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: optimal design of metal and wooden structures.

Garanzha Sofia – master student, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: a studying of a real work of pipe-concrete structures using advanced materials.

УДК 666.972.55

В. Н. ГУБАРЬ, И. Ю. ПЕТРИК, А. В. ЖИБОЕДОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЗОЛЫ-УНОС ТЭС, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ БЕТОНАХ

Рассмотрены способы повышения качества золы-уноса ТЭС, которая применяется в высококачественных бетонах в большом количестве (замена части портландцемента золой-уноса ТЭС составляет более 50 %). Для выделения наиболее реакционной мелкой фракции ($d-5$ мкм) существует несколько способов и технологий улучшения качества золы: ситовая классификация; механический способ (тонкий помол; размер частиц менее 10 мкм); флотация (отделение микросфер с поверхности золотоустойчивиков); электромагнитная сепарация (удаление ферромагнитных частиц); пневматическая сепарация в циклонах и электрическая сепарация. В работе рассмотрена технология электрической сепарации золы-уноса Зуевской ТЭС в высоковольтном электрическом поле.

зола-уноса ТЭС, высококачественные бетоны, флотация, магнитная сепарация, электрическая сепарация, пневматическая сепарация

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Под высококачественными бетонами (High performance concretes, НРС) Международная организация по строительству подразумевает бетоны с высокими эксплуатационными свойствами (прочность, долговечность, низкие показатели коэффициента диффузии и истираемости, надежные защитные свойства по отношению к стальной арматуре, высокая химическая стойкость и стабильность объема) при водовязущем отношении менее 0,3. Доля и роль высококачественных бетонов в мировой строительной индустрии стремительно возрастает и сопровождает стремительное развитие архитектурных форм и функционально новых видов сооружений. Подобные бетоны находят все более широкое применение в строительстве в Японии (мост через пролив Акаси), Норвегии (нефтяная платформа на месторождении Троль), США (125-этажный небоскреб в Чикаго), Франции (тоннель под Ла-Маншем). Основные области их применения – высотное строительство, электростанции, морские гидротехнические сооружения, большепролетные мосты и инженерные сооружения, дорожные покрытия [7].

Для получения высококачественных бетонов особое значение имеет использование модификаторов структуры бетонов, в т. ч. на основе отходов промышленности. Обязательным условием технологии производства высококачественных бетонов является замена части портландцемента минеральными (пуццолановыми) добавками в количестве более 50 %, например, золой-уноса ТЭС [1, 6].

Однако при высоком содержании в составе бетона золы-уноса возникает ряд проблем. Во-первых, замедляется рост прочности бетона в раннем возрасте. Реакция золы с гидроксидом кальция в основном протекает в первые 3–7 суток с образованием продуктов гидратации в виде низкоосновных гидросиликатов кальция с более низким соотношением (C/S). Однако большое количество непрореагировавшей золы остается после 91 суток твердения [2]. Во-вторых, в бетоне с водовязущим отношением $V/V = 0,5$ замена портландцемента золой в количестве 45 % снижает прочность бетона при сжатии в проектном возрасте на 30 %, в то же время в бетоне с $V/V = 0,3$ – лишь на 17 %. При этом для снижения водовязущего отношения ($V/V \leq 0,3$) необходимо обязательное применение эффективных суперпластификаторов [3]. В-третьих, высокий расход золы в составе бетона оказывает негативное влияние на его морозостойкость. Снижение морозостойкости обусловлено увеличением фактического водоцементного отношения и образованием дополнительного объема капиллярных пор. Снижению морозостойкости способствует также уменьшение содержания вовлеченного воздуха при введении золы

и присутствие в золе органических остатков, которые набухают в воде, плохо сцепляются с вяжущим, способны образовывать соединения, разрушающие вяжущее [9].

Для решения перечисленных проблем возникает необходимость разработки различных способов повышения качества золы-уноса для эффективного использования в составах высококачественных бетонов.

Зола-уноса ТЭС представляет собой остаток от сжигания твердого топлива [14]. Она является продуктом высокотемпературной (до 1 200...1 700 °С) обработки минеральной, несгорающей части углей. Зола уносится из топки с дымовыми газами и улавливается при их очистке в электрофильтрах. Размер частиц золы менее 200 мкм. Минеральная часть твердого топлива обычно включает глинистые минералы, слюды, кварц, полевые шпаты, сульфиды железа, оксиды и гидроксиды железа, карбонаты кальция, магния и др. В процессе сжигания компоненты минеральной части изменяются, взаимодействуют друг с другом и образуют различные соединения, которые обуславливают образование зол переменного химического и минерального состава в зависимости от температуры сжигания топлива и состава его минеральной части. Из-за неравномерности температуры в топочном пространстве полнота этих превращений существенно различается, и золы-уноса ТЭС могут содержать невыгоревшие органические остатки с различными свойствами. В зависимости от вида углей и условий их сжигания в золах может содержаться 0,5...20,0 % и более несгоревших органических частиц топлива.

Целью работы является рассмотрение способов повышения качества золы-уноса ТЭС и выбор наиболее эффективного.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Существует несколько способов и технологий улучшения качества золы: ситовая классификация; механический способ (тонкий помол, размер частиц менее 10 мкм); флотация (отделение микросфер с поверхности золоотстойников); электромагнитная сепарация (удаление ферромагнитных частиц); пневматическая сепарация в циклонах и электрическая сепарация [10].

Ситовая классификация – разделение материала на фракции с помощью сит (рис. 1). В результате простого просеивания, т. е. просеивания через одно сито, исходная зола делится на две фракции: 1) просев (нижний продукт) – зола, прошедшая сквозь сито; 2) отсев (верхний продукт) – зола, не прошедшая сквозь сито и оставшаяся на сите, т. е. наверху. Производительность сита зависит от следующих факторов: формы и размера отверстий сита; толщины слоя золы на сите; скорости движения золы на сите; характера движения и длины пути, а также формы частиц золы. Кроме указанных факторов, на просеивание также влияют способ подачи материала, кратность просеивания и т. д.

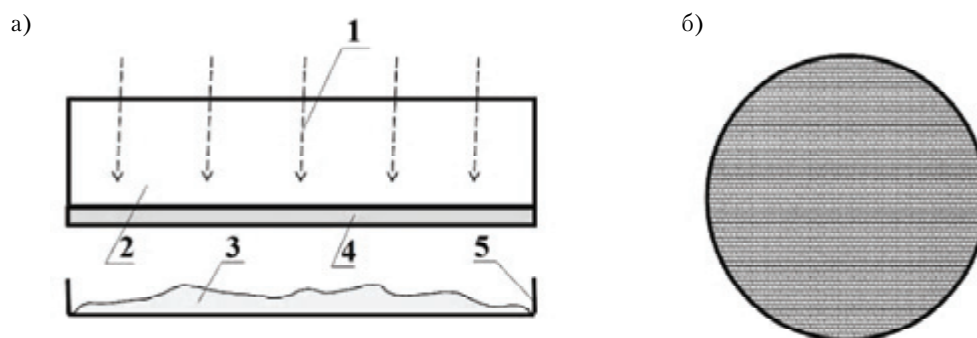


Рисунок 1 – Схема разделения золы на фракции с помощью сит (а – вид сбоку; б – вид сверху): 1 – просеиваемая навеска золы-уноса; 2 – сито; 3 – зола, прошедшая сквозь сито; 4 – зола, не прошедшая сквозь сито и оставшаяся на сите; 5 – приемная емкость.

Одним из важных факторов производительности просеивания является влажность золы-уноса. Излишняя влажность вызывает слипание отдельных частиц, забивающих сетки и прилипающих к ней. Сухая зола, как правило, просеивается лучше. Однако если просеиваемая зола является слишком сухой, может возникнуть явление электризации. В результате этого явления может произойти слипание частиц и увеличение их размера, что резко снижает просеиваемость. Кроме того, зола-уноса может принять противоположный по сравнению с ситом заряд. В этом случае будет происходить взаимное отталкивание сетки и золы и просеивание резко замедлится.

Еще одним неудобством просеивания слишком сухой золы-уноса является значительное пылеобразование, которое возникает при трении сухого материала и которое в случае, если сито не закрыто, может привести к большим материальным потерям и загрязнению воздуха [4].

Механический способ получения дисперсной золы-уноса ТЭС является наиболее простым и широко распространенным. Для осуществления *тонкого помола* золы-уноса ТЭС находят применение машины, отличающиеся способом воздействия на материал. В одном случае это может быть раздавливание, в другом – удар, истирание или их комбинация [15]. Сегодня основными агрегатами тонкого помола являются шаровые мельницы (рис. 2). Их рабочие элементы – это броневые плиты барабана и загруженные в него мелющие тела – шары, стержни, диски. Вращение барабана вызывает подъем мелющих тел, которые, достигнув определенной высоты, падают и скатываются вниз. Разрушение золы в шаровых мельницах происходит как в результате медленного раздавливания – истирания при скатывании шаров, так и быстрого сжатия от ударов при их падении.

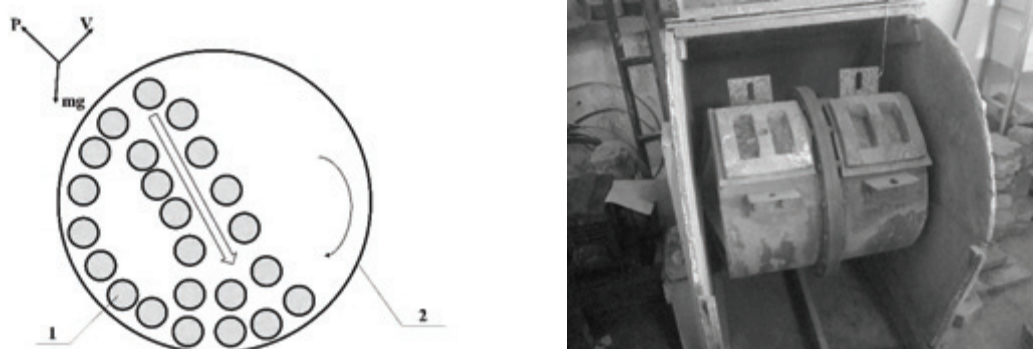


Рисунок 2 – Схема действия и внешний вид шаровой мельницы: 1 – мелющие тела; 2 – вращающийся барабан.

Несмотря на абсолютное лидерство среди агрегатов тонкого помола, используемых в многотоннажном производстве порошкообразных материалов, шаровым мельницам присущи и серьезные недостатки. Только от 2 до 20 % всей потребляемой энергии расходуется непосредственно на измельчение [5], остальная ее часть идет на преодоление сил трения, образование тепла, звуковых колебаний, вибрации и т. д. В результате проведенных исследований было установлено, что только каждый тысячный удар шара производит работу непосредственно по измельчению [13]. И если грубый помол с получением частиц, размерами в сотые доли миллиметра, не вызывает серьезных затруднений, при более тонком помоле коэффициент полезного действия шаровой мельницы снижается настолько, что ее дальнейшее использование становится экономически не целесообразно.

Флотация – один из методов повышения качества золы-уноса ТЭС, который основан на различии способности минералов удерживаться на межфазовой поверхности, обусловленный различием в удельных поверхностных энергиях (рис. 3). Гидрофобные (плохо смачиваемые водой) частицы минералов избирательно закрепляются на границе раздела фаз, обычно газа и воды, и отделяются от гидрофильных (хорошо смачиваемых водой) частиц [18].

Лучше всего флотацией разделяются зёрна размером 0,10...0,04 мм. Более мелкие частицы разделяются хуже, а частицы мельче 5 мкм ухудшают флотацию более крупных частиц. Способ выделения полых микросфер за счет флотации заключается в том, что зола-уноса ТЭС при попадании в воду разделяется по плотности, микросферы всплывают и попадают на периферию золотвала, откуда могут собираться для использования. Однако, как показали исследования, качество выделенной таким образом микросферы низкое по двум причинам. В такой микросфере содержится до 5 % примесей в виде частиц несгоревшего кокса, сама микросфера зачастую дефективная, т. к. имеет микротрещины, сколы и другие дефекты. Во-вторых, в относительно крупных фракциях микросферы более 0,3 мм до 30 % сфер имеют вплавленные частицы кокса. Однако разработан способ, в котором предлагается флотационное разделение золы ТЭС осуществлять в воде при избыточном давлении не менее 1,5 атм., полученную микросферу сушат, удаляют из нее фракции более 0,3 мм. Такое осуществление способа обеспечивает удаление из микросферы примесей (они под давлением насыщаются водой и тонут), бракованных сфер (через трещины они насыщаются водой и также тонут) и сфер с вплавленными частицами кокса, т. к. исследования показали, что 98 % таких сфер имеют фракцию более 0,3 мм [16].

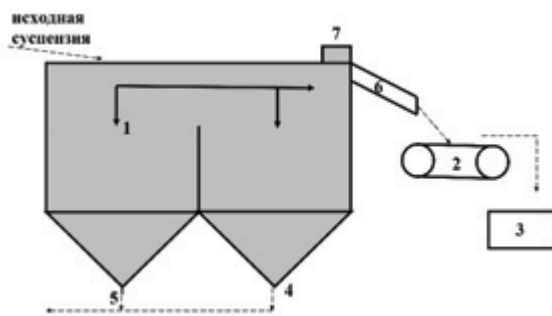


Рисунок 3 – Схема действия и внешний вид установки для повышения качества золы-уноса ТЭС методом флотации: 1 – пирамидальные емкости; 2 – ленточный вакуум-фильтр; 3 – сушилка; 4 – выходные отверстия с вентилями; 5 – отработанная суспензия; 6 – порог для ограничения уровня суспензии; 7 – скреб для съема всплывших микросфер.

Электромагнитная сепарация основана на способности различных минералов по-разному притягиваться магнитом [19]. Частицы золы с различными магнитными свойствами движутся по разным траекториям и собираются в различные приемники (рис. 4).

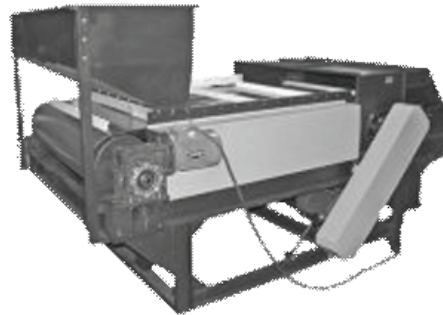
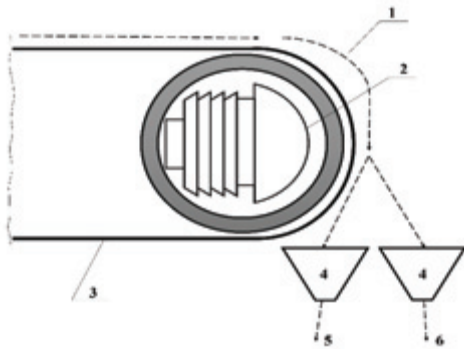


Рисунок 4 – Схема действия и внешний вид электромагнитного сепаратора: 1 – разделяемая навеска золы-уноса ТЭС; 2 – электромагнитная система; 3 – конвейер; 4 – воронки; 5 – магнитные частицы золы-уноса; 6 – немагнитные частицы золы-уноса.

Магнитные частицы, включающие соединения железа, отклоняются влево, в сторону магнита, в то время как чистые зерна частицы золы-уноса, не обладающие магнитными свойствами, ссыпаются сразу после шкива. Этот способ обогащения эффективен тогда, когда все железистые примеси магнитны. Магнитные сепараторы, применяемые для обогащения золы-уноса ТЭС, имеют различные конструкции. Основной деталью во всех сепараторах служит электромагнитная система, обеспечивающая отбор включений железа в сортируемом материале. Электромагнитные сепараторы позволяют удалять из золы даже слабомагнитные минералы.

Метод пневматической сепарации основан на различии в скоростях падения частиц различного диаметра и плотности в воздушной среде (рис. 5). Падение может быть свободным или стесненным. Материал поступает из бункера в разделительную камеру. Наклонные полки сепаратора обеспечивают пересечение потока материала с сепарационными каналами. Через них отсасывается легкая фракция разделяемых материалов, которая осаждается в циклоне, а тяжелая фракция самотеком разгружается в специальный приемник. Основными факторами, влияющими на качество разделения, являются ширина щели сепарационных каналов и концентрация материала в рабочем объеме сепаратора [8].

Способ электрической сепарации [17], основанный на различной электрической проводимости веществ, реализуется путем обработки потока частиц золы-уноса в высоковольтном электрическом поле (рис. 6).

Сепарацию по электрической проводимости применяют для разделения минеральных смесей, зерна которых значительно различаются по удельному сопротивлению. Поверхностная электрическая

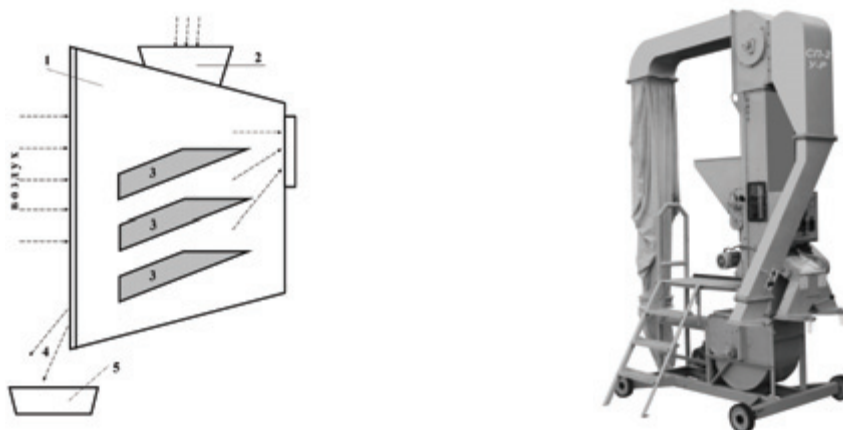


Рисунок 5 – Схема действия и внешний вид поперечно-поточного пневмосепаратора: 1 – разделительная камера; 2 – бункер; 3 – наклонные полки с сепарационными каналами; 4 – тяжелая фракция золы-уноса ТЭС; 5 – приемник.

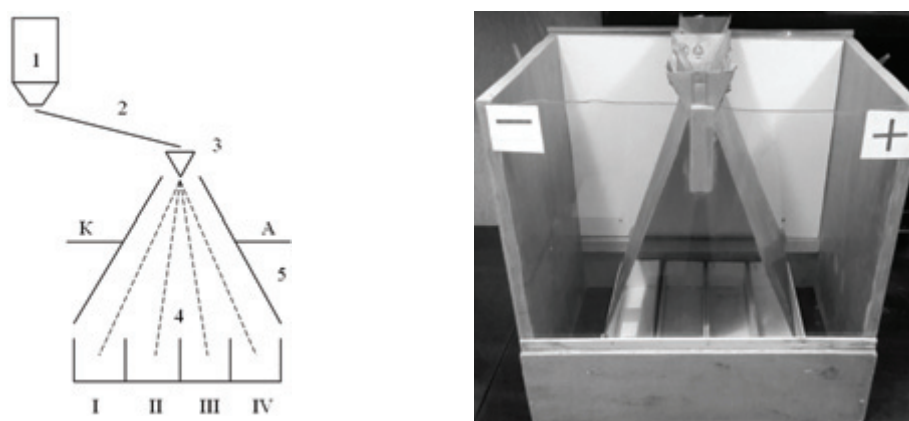


Рисунок 6 – Схема действия и внешний вид камерного электростатического сепаратора свободного падения: 1 – бункер; 2 – наклонная плоскость; 3 – воронка; 4 – приемные контейнеры; 5 – электроды (А – анод, К – катод).

проводимость минералов в основном зависит от химического состава и структуры минералов. Процесс заключается в создании на зернах минералов электрического заряда, отличающего по значению или знаку, с последующим пропусканием потока заряженных частиц через электростатическое поле. Разделение происходит путем отклонения траекторий движения заряженных частиц от траекторий, характерных для движения незаряженных частиц при отсутствии внешнего электрического поля.

В данном исследовании выбран способ электрической сепарации золы-уноса ТЭС.

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении экспериментальных исследований использована зола-уноса (ЗУ) Зуевской ТЭС, химический состав которой представлен в табл. 1.

В соответствии с требованиями ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса ТЭС для бетонов» определены показатели потерь при прокаливании (ГОСТ 11022-95 «Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности») и остаток на сите № 008 (ГОСТ 310.2-76 «Цементы. Методы определения тонкости помола»). Содержание несоревшего углерода определяется по массе остатка пробы золы после прокаливании в муфельной печи при температуре 815 ± 10 °С, точность взвешивания 0,1 мг. Показатели насыпной плотности золы-уноса определены в соответствии с ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытания».

Таблица 1 – Химический состав золы-уноса Зуевской ТЭС

Содержание оксидов, %										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ППП
56,60	21,82	15,39	0,75	2,52	1,05	0,09	2,08	0,74	0,03	1,27

Электрическая сепарация золы-уноса осуществлена с помощью камерного электростатического сепаратора свободного падения. Медные пластинчатые электроды подключаются к источнику высокого напряжения; величина напряженности электростатического поля составляет 2,0...3,5 кВ/см, разность потенциалов измеряется киловольтметром электростатическим С-196.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления эффективности способа сепарации в высоковольтном электростатическом поле исходную навеску золы массой 1 100 г, предварительно высушенную до постоянной массы, через дозатор по наклонному медному лотку просыпали сквозь электродное пространство электрического сепаратора. Под действием электростатического поля траектория падения частиц отклонялась от вертикальной, в результате чего исходная навеска золы распределялась соответствующим образом в ячейках сепаратора, а также на поверхности электродов (табл. 2). Установлено, что дисперсность частиц золы, характеризуемая величиной остатка навески после просеивания через сито № 008, уменьшается по мере приближения ячейки к электроду. Наиболее крупные частицы сосредоточены в центральных ячейках II и III. Вероятно, это связано с тем, что более крупные частицы имеют меньший поверхностный электрический заряд, в результате кулоновские силы слабы для преодоления силы тяжести и отклонения траектории падения частиц от вертикальной.

Таблица 2 – Свойства электросепарированной золы-уноса ТЭС

Наименование свойства	Показатель свойств пробы золы (электрод, № ячейки)					
	К	I	II	III	IV	A
Количество, г / %, от общей навески	23/2,3	22/2,2	103/10,1	397/38,9	374/36,7	123/12,1
Потери при прокаливании, %	0,89	0,87	0,86	0,73	0,54	0,46
Насыпная плотность, кг/м ³	1086	988	1114	1142	1137	1129
Остаток на сите № 008, %	0,00	1,46	4,62	3,88	1,24	0,00

Процесс сепарирования частиц в установке основан на различных по знаку и величине поверхностных зарядах веществ, входящих в состав золы. Известно [12], что такие материалы как известняк, мрамор, оксид алюминия, доломит, магнезит, известь, ангидрит, гипс, углерод, имеют положительный электрический заряд, в то время как кварц, каолинит, оксиды железа – отрицательный. Установлено, что максимальное содержание несгоревших угольных частиц, определяемое по показателю потерь при прокаливании, после электрического сепарирования сосредоточено в навесках, отобранных с катода и ячеек, близких к катоду. Об этом свидетельствуют также более высокие показатели насыпной плотности навесок золы, близких к зоне анода. Согласно [11] заряд несферических частиц, что характерно для зерен несгоревшего углерода, в 1,4...1,8 раз больше заряда шарообразных частиц (алюмосиликатные сфероиды), имеющих эквивалентную массу. Различие между зарядами частиц правильной и неправильной формы особенно значительно для частиц с размерами менее 200 мкм. Этим объясняется достаточно высокая эффективность сепарирования как тонкодисперсных, так и относительно крупных частиц несгоревшего углерода.

ВЫВОДЫ

Установлено, что дисперсность частиц золы, обработанной в камерном электростатическом сепараторе свободного падения, по показателю величины остатка навески после просеивания через сито № 008 уменьшается по мере приближения ячейки к электроду. При этом пробы, отобранные с катода и ячеек, близких к катоду, содержат наибольшее количество несгоревшего углерода. Более высокая величина остатка на сите № 008 для проб из центральных ячеек свидетельствует о недостаточно высокой напряженности электрического поля, необходимой для отклонения частиц от вертикальной траектории в сторону действия силовых полей электродов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. An innovation method in producing high early strength PFA concrete [Текст] / C. S. Poon, S. C. Kou, L. Lam, Z. S. Lin // Creating with Concrete : International Conf., Dundee, Scotland, UK, 8-10 September 1999 : Proc. / S. C. Kou. – London (England, UK) : Thomas Telford, 1999. – P. 131–138.
2. Lam, L. Degree of hydration and gel/space ratio of high-volume fly ash/cement systems [Текст] / L. Lam, Y. L. Wong, C. S. Poon // Cement and Concrete Research. – 2000. – Vol. 30. – P. 747–756.
3. Poon, C. S. A study on high strength concrete prepared with large volumes of low calcium fly ash [Текст] / C. S. Poon, L. Lam, Y. L. Wong // Cement and Concrete Research. – 2000. – Vol. 30. – P. 447–455.
4. Ажигихин, И. С. Технология лекарств [Текст] / И. С. Ажигихин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 1980. – 440 с.
5. Акунов, В. И. О выборе оптимальных типов измельчителей [Текст] / В. И. Акунов / Строительные материалы. – 1962. – Выпуск № 11. – С. 21–22.
6. Баженова, С. И. Получение высококачественного бетона с использованием модификаторов структуры на основе отходов промышленности [Текст] / С. И. Баженова // Технические науки: проблемы и перспективы : материалы междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.) / Под редакцией Г. Д. Ахметовой. – СПб. : Реноме, 2011. – С. 23–25.
7. Бетоны. Материалы, технологии, оборудование [Текст]. – М. : Стройинформ ; Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 424 с. : ил. – (Серия «Строитель», Выпуск 2).
8. Бобович, Б. Б. Переработка промышленных отходов [Текст] : Учебник для вузов / Б. Б. Бобович. – М. : СП Интермет Инжиниринг, 1999. – 445 с.
9. Инновационные подходы к развитию предприятий, отраслей, комплексов [Текст] : монография. В 2 книгах. Кн. 2 / А. Д. Верхогуров, В. М. Макиенко, А. В. Угляница [и др.]. – Одесса : Куприенко С. В., 2015. – 209 с.
10. Зайченко, Н. М. Бетоны с высоким содержанием золы для массивных железобетонных конструкций [Текст] / Н. М. Зайченко, А. И. Сердюк // Вісник Донбаської національної будівництва і архітектури. – 2013. – Вип. 2013-1(99) : Сучасні будівельні матеріали. – С. 137–144.
11. Зимон, А. Д. Адгезия пыли и порошков [Текст] / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1976. – 432 с.
12. Олофинский, Н. Ф. Электрические методы обогащения [Текст] / Н. Ф. Олофинский. – [Изд. 3-е, перераб. и доп.]. – М. : Недра, 1970. – 522 с.
13. Рули, А. Форма и характер поверхности зерен кварцевого песка в зависимости от способа помола и их влияние на фракционный способ при воздушной сепарации [Текст] / А. Рули, Х. Тедер // Сборник трудов НИПИ силикатобетона. – Таллин, 1971. – Выпуск № 6. – С. 103–118.
14. Русина, В. В. Минеральные вяжущие вещества на основе многотоннажных промышленных отходов: учебное пособие [Текст] / В. В. Русина. – Братск : ГОУ ВПО «БрГУ», 2007. – 224 с.
15. Сиденко, П. М. Измельчение в химической промышленности [Текст] / П. М. Сиденко. – М. : Химия, 1977. – 365 с.
16. Пат. 2013410 Российская Федерация, МПК5 С04В18/10, В03В5/64. Способ получения микросфер из водной суспензии летучей золы тепловых электростанций [Электронный ресурс] / Маркелов В. М., Сонин Б. А., Ершова Г. П., Сидорова Е. А., Яковлева В. И., Павловская Н. С., Жарикова Л. Ю. ; патентообладатель Всесоюзный государственный научно-исследовательский и проектный институт асбестовой промышленности. – № 5006192/33 ; заявл. 09.08.1991 ; опублик. 30.05.1994, Бюл. № 10. – Режим доступа : http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=02013410.
17. Сулейменов, О. А. Электростатическая сепарация, как способ сухой переработки минерального сырья [Электронный ресурс] / О. А. Сулейменов // Научное пространство Европы. – Белгород : [Общество с ограниченной ответственностью «Руснаучника»], 2013. – Режим доступа : http://www.rusnauka.com/11_NPE_2013/Chimia/5_134046.doc.htm.
18. Глембоцкий, В. А. Флотация [Текст] / В. А. Глембоцкий, В. И. Классен. – М. : Недра, 1973. – 384 с.
19. Бергер Г. С. Методы выделения мономинеральных фракций [Текст] / Г. С. Бергер, И. А. Ефимов ; Под ред. М. И. Казанцева. – 2-е изд., перераб. и доп. Г. С. Бергером. – Москва : Госгеолтехиздат, 1963. – 202 с.

Получено 10.03.2016

В. М. ГУБАР, І. Ю. ПЕТРИК, О. В. ЖИБОЄДОВ
СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗОЛИ-ВИНЕСЕННЯ ТЕС, ЩО
ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ У ВИСОКОЯКІСНИХ БЕТОНАХ
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто способи підвищення якості золи-винесення ТЕС, що застосовується у високоякісних бетонах у великій кількості (заміна частини поргладдцементу золою-винесення ТЕС складає понад 50 %). Для виділення найбільш реакційної дрібної фракції ($d \sim 5$ мкм) існує кілька способів і технологій поліпшення якості золи: ситова класифікація; механічний спосіб (тонкий помел, розмір частинок менше 10 мкм); флотация (відділення микросфер з поверхні золівідстійників); електромагнітна сепарация (видалення феромагнітних частинок); пневматична сепарация у циклонах і електрична сепарация. В

роботі розглянута технологія електричної сепарації золи-винесення Зуївської ТЕС у високовольтному електричному полі.

зола-винесення ТЕС, високоякісні бетони, флотація, магнітна сепарація, електрична сепарація, пневматична сепарація

VICTOR GUBAR, IRINA PETRIK, ALEXANDR ZHIPOEDOV
WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF FLY ASH OF THERMAL POWER
PLANT, USED FOR HIGH PERFORMANCE CONCRETE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

It has been considered the ways to improve the quality of fly ash thermal power plant, which is used in high quality concrete in a large number (replacement part of Portland cement with fly ash of thermal power plants is more than 50 %). To highlight the most reactionary of the fine fraction ($d \sim 5 \mu\text{m}$) there are several ways and technologies to improve the quality of ash: sieve classification; mechanically (fine grinding, particle size less than $10 \mu\text{m}$); flotation (separation of the microspheres from the surface of saltstained); electromagnetic separation (removal of ferromagnetic particles); pneumatic separation in cyclones and electric separation. The paper considers the technology Zuevskaya fly ash thermal power plants electrical separation in high-voltage electric field.

fly ash, high quality concrete, flotation, magnetic separation, electric separation, pneumatic separation

Губарь Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: неруйнівний контроль бетону будівельних конструкцій.

Петрик Ірина Юрївна – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: високоякісні бетони з підвищеним вмістом золи-винесення ТЕС.

Жибоедов Олександр Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорона водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: очищення рідин.

Губарь Виктор Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: неразрушающий контроль бетона строительных конструкций.

Петрик Ирина Юрьевна – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: высококачественные бетоны с повышенным содержанием золы-уноса ТЭС.

Жибоедов Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка жидкостей.

Gubar Victor – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Constructions, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: nondestructive testing of concrete building structures.

Petrik Irina – assistant, Technologies of Building Constructions, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high-quality concretes with high content of fly ash of thermal power plants.

Zhiboedov Alexandr – Ph.D. (Eng.), Assistant Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: purification of liquids.

УДК 693.552

С. И. ЧУРСИН, Е. А. ЛОБЗАНОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОСОБЕННОСТИ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ЛОМА ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ

Дан краткий анализ технологий получения заполнителя из лома бетона. Выполнена оценка качества крупного заполнителя, полученного способом дробления лома бетонов. Определены зависимости свойств полученного заполнителя от прочностных характеристик бетонного лома. Изучены факторы, оказывающие влияние на свойства заполнителей из лома бетонов. Показано, что переработка лома бетона позволяет получить заполнитель, не уступающий по своим свойствам заполнителю из гранита.

бетонный лом, вторичный заполнитель, выход заполнителя, зерновой состав, марка щебня, удобоукладываемость бетонной смеси

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При переработке некондиционного бетона и железобетона механическим способом и получении щебня из дробленного бетона встает вопрос его рационального применения в технологии бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Однако существующие сложности при получении щебня из лома бетонов, вызванные прежде всего особенностью свойств и неоднородностью исходного материала по прочности, зерновому составу, содержанию слабых составляющих и т. д., снижают возможность широкого использования такого щебня в технологии железобетонных изделий и конструкций.

Эффективное решение задачи рационального использования отходов бетонного лома в технологии железобетонных изделий и конструкций возможно прежде всего при правильной оценке свойств исходного бетона (остаточная структурная прочность, водопоглощение, возраст), изучении особенностей полученного заполнителя после умеренного измельчения и разработке модели бетона с учетом особенностей полученного заполнителя.

Переработка и повторное использование отходов бетонного лома позволит решить сразу несколько проблем: экономия природных ресурсов; уменьшение площадей для хранения отходов, снижение нагрузки на окружающую среду.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о неоднозначности, чаще всего ухудшении технологических и эксплуатационных свойств бетонов, полученных с применением вторичного щебня из дробленного бетона. Однако актуальность и эффективность использования щебня из лома бетона в качестве крупного заполнителя не вызывает сомнения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Как известно, тяжелый бетон и железобетон в виде некондиционных изделий и конструкций, безусловно, является эффективным сырьевым ресурсом и подлежит переработке с целью получения крупного и мелкого заполнителей для тех же бетонов и железобетонных конструкций. К этой категории могут быть отнесены и отслужившие свой срок эксплуатации изделия и конструкции, объем которых измеряется десятками миллионов кубометров и количество которых постоянно возрастает.

Анализ показателей утилизации отходов и использования их как вторичного сырья свидетельствует о значительной экономической эффективности этой сферы. Так, по данным статистической отчетности из 53 видов ресурсно-ценных строительных отходов количество их использования в 2004 г. достигло 125,8 млн т, что составляет 58,5 % от образования этих отходов. Также отмечается, что в

строительных отходах содержится более 3,2 млн т металла и около 50 млн т бетонного лома. В некоторых случаях замена строительными отходами природных ресурсов позволяет экономить их до 50 % [6].

Обычная технология переработки некондиционных железобетонных конструкций прежде всего, предусматривает извлечение металлической арматуры из бетона посредством разрушения конструкций с помощью различных дробилок и других достаточно известных способов. Полученный на этом этапе, так называемый, «бетонный лом» подвергается целенаправленному измельчению с основной задачей получения щебеночной фракции. Таким образом, при дроблении фрагментов бетона образуется не только крупный заполнитель, но и фракции менее 5 мм, которые составляют 25...30 % от общего количества отходов, и кроме как в засыпках, не нашедшие своего применения.

Многие исследователи [2, 3] отмечают, что полученный таким образом вторичный заполнитель из лома тяжелого бетона характеризуется достаточно высокими прочностными показателями, фактически не уступает природным заполнителям из гранита и имеет ряд особенностей при использовании его в бетоне.

К особенностям заполнителей из бетонного лома относятся повышенная шероховатость поверхности, что приводит к повышению жесткости бетонной смеси, повышенная гидравлическая активность, способствующая получению контактной зоны с пониженной капиллярной пористостью и стабильными продуктами гидратации, а также повышенная прочность сцепления цементного камня с заполнителем.

Также особенностью щебня из бетонного лома является то, что частицы щебня имеют практически сплошную оболочку из цементного камня. Эта оболочка обладает пористостью, что приводит к незначительному повышению водопоглощения заполнителя.

Щебень из бетонного лома состоит из фрагментов крупного и мелкого заполнителя, скрепленных цементным камнем, и контактной зоны между ними, состоящей преимущественно из кристаллов портландита, этtringита карбонатов кальция и других кристаллических гидросиликатов кальция. Теоретический интерес представляет положение о том, что при получении щебня из бетонного лома путем дробления происходит разрушение кусков бетона с образованием новых химически активных поверхностей как гранитного заполнителя, так и цементного камня, негидратированная часть которого может подвергаться дальнейшей гидратации.

Улучшение характеристик вторичного щебня путем многократного дробления обеспечивается за счет постепенного уменьшения содержания во вторичном щебне цементного камня, что подтверждается снижением водопоглощения и повышением средней насыпной плотности вторичного щебня. Кроме того, дробление в 2–3 стадии позволяет снизить межзерновую пустотность щебня за счет улучшения формы зерен. Результаты определения прочности щебня по дробимости в цилиндре также показывают эффективность многостадийного дробления бетонного лома [4].

Таким образом, щебень из бетонного лома активно влияет на формирование как структуры цементного камня, так и плотной контактной зоны между цементным камнем и заполнителем. Формирование цементного камня в этом случае происходит при пониженном водосодержании.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основной целью данной работы является исследование различных факторов, оказывающих влияние на свойства крупного заполнителя из лома бетонов, а также теоретическое обоснование модели структурообразования эффективных цементных бетонов на заполнителях из бетонного лома.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: определить основные характеристики некондиционного бетона, его остаточную прочность, водопоглощение и исследовать влияние остаточной прочности на коэффициент выхода щебня в процессе дробления бетонного лома; оценить свойства заполнителей, получаемых в результате дробления бетонного лома и изучить влияние крупного заполнителя из бетонного лома на удобоукладываемость бетонной смеси.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований был использован тяжелый бетон классов В15-В25 в виде образцов – кубов со стороной 10 см, которые изготавливались для корректировки рабочих составов, хранились в естественных условиях (до 10...15 лет).

При дроблении бетонных образцов, как прототипе бетонного лома, получали крупный заполнитель фракций 5...10 и 10...20 мм, а также мелкозернистые фракции – отсева дробления. Выделенный

при фракционировании крупный заполнитель сравнивали с гранитным заполнителем аналогичных фракций.

Результаты испытаний показали, что реальная прочность бетонов классов В15 (М200) и В25 (350) увеличилась со временем до 26 и 45 МПа, соответственно. При этом водопоглощение бетона составляло 4,2...3,8 %. Более мелкие фракции представляют собой частицы, состоящие из обломков зерен гранитного щебня, а также мелких частиц цементного камня и цементно-песчаных структур.

Как свидетельствуют многочисленные исследования [2, 6], переработка лома тяжелого бетона позволяет получить крупный заполнитель, не уступающий по своим свойствам заполнителям из гранита, который можно эффективно использовать как компонент тяжелых бетонов.

Учитывая особенности технологии получения заполнителя, заключающегося в умеренном дроблении (степень дробления не более 1,5), представлял интерес, прежде всего, выход щебня фракций 5...20 мм при однократном и многократном дроблении и его качественные характеристики.

Как следует из расчета исходного состава бетонов различных марок, количество щебня практически не изменяется и находится в пределах 53...55 % от массы бетона (табл. 1).

Таблица 1 – Расчетный состав бетонов и их характеристики

Номер состава	Марка бетона	Жёсткость бетонной смеси	Крупность заполнителя, мм	Расход воды, л	Расход цемента, кг	Расход песка, кг	Расход щебня, кг
1	М200	11...20	40	150	218	732	1 328
2		21...30		145	210	751	1 331
3	М350	11...20		150	294	696	1 301
4		21...30		145	284	712	1 307

Однако, при разрушении такого бетона количество крупного заполнителя становится значительно больше – до 83 %. Причем реальная прочность бетона, независимо от способа ее достижения, также влияет на выход крупного заполнителя. Чем выше прочность бетонной структуры, тем меньше выход крупного заполнителя. Полученный из бетонного лома заполнитель характеризуется шероховатой поверхностью за счет остатков цементного камня на поверхности гранитного заполнителя, а также поризованных цементно-песчаных структур, к тому же обладающих повышенным показателем водопоглощения.

Многократное дробление способствует, безусловно, повышению качества крупного заполнителя, незначительно снижая его выход и повышая количество песчаной фракции, в состав которой входят осколки цементного камня и песчаные частицы. Однако следует отметить, что многократное дробление снижает не только выход крупного заполнителя, но и разрушает кристаллические цементные структуры, образовавшиеся на поверхности, тем самым снижая химическую активность такого заполнителя, что в целом нерационально и экономически невыгодно.

По зерновому составу крупный заполнитель из лома бетонов вполне соответствует требованиям, предъявляемым к качественному заполнителю (рис. 1). Фракция 20...40 мм, в незначительном количестве (до 2 %), представлена частицами пластинчатой формы, образовавшейся за счет плоской бортовки. Остальные фракции – 10...20 мм и 5...10 мм имеют кубовидную форму и представлены частными остатками, соответственно 52 и 46 %.

Марка по дробимости при сдавливании в цилиндре крупного заполнителя из бетонного лома ниже, чем у гранитного щебня аналогичных фракций, что подтверждает предположение о влиянии цементных структур на поверхности такого заполнителя на его шероховатость и другие свойства. Об этом свидетельствуют и сравнительные данные таблицы № 2.

Характерные особенности крупного заполнителя из дробленного бетонного лома особенно проявились на стадии приготовления и оценки удобоукладываемости бетонной смеси. Как показали результаты испытаний, повышенная шероховатость крупного заполнителя, а также его большее водопоглощение привели к ожидаемому возрастанию жесткости бетонной смеси (рис. 2). Снижение жесткости бетонной смеси потребует пропорционального увеличения количества воды и цемента, что приведет к увеличению прочности.

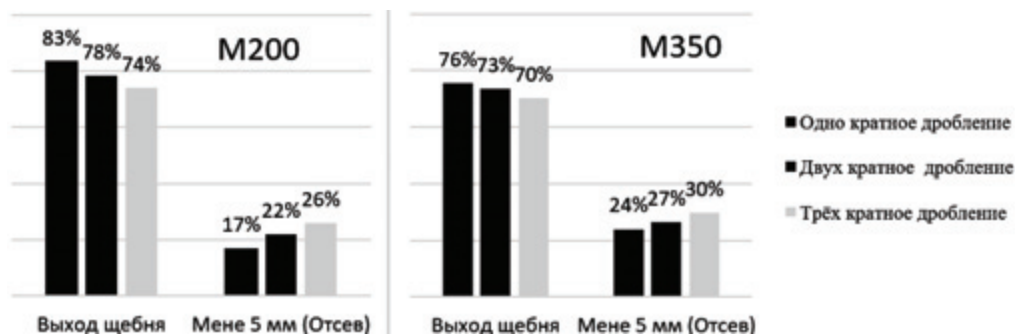


Рисунок 1 – Влияние кратности дробления на выход крупного заполнителя.

Таблица 2 – Зависимость свойств крупного заполнителя от его происхождения

Свойства заполнителя	Единица изм.	Происхождения щебня		
		вторичный из бетона М200	вторичный из бетона М350	щебень гранитный
Средняя насыпная плотность	кг/м ³	1 182	1 238	1 420
Водопоглощение	%	2,1	1,6	0,5
Влажность	%	0,32	0,3	0,21
Содержание слабых зерен	%	12,5	12,1	10,6
Содержание пылевидных и глинистых частиц	%	2,6	2,2	1,0
Марка по дробимости щебня при сжатии в цилиндре	–	1 000	1 000	1 200

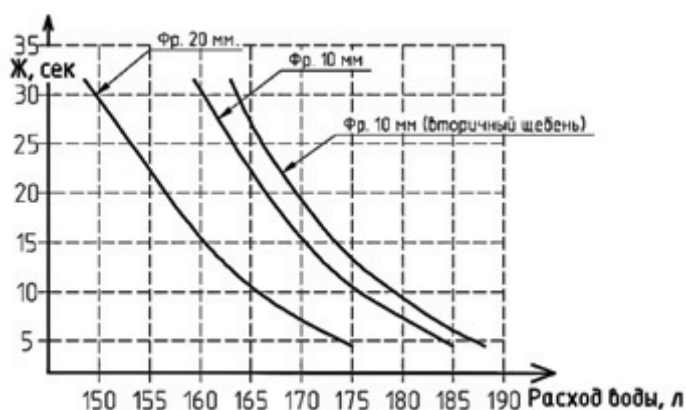


Рисунок 2 – Зависимость жесткости бетонной смеси от количества воды и вида заполнителей.

ВЫВОДЫ

Результаты исследования показали, что на свойства крупного заполнителя из бетонного лома оказывают влияние как структурная прочность исходного бетона, так и кратность дробления, обеспечивая достаточно высокий выход самого заполнителя, а также приемлемые его показатели качества.

Присутствие цементных кристаллических структур на поверхности заполнителя, безусловно, способствует повышению жесткости бетонных смесей, однако, играя роль центров кристаллизации, обеспечит эффективность при твердении бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-78, ГОСТ 26873-86 ; введ. с 1995-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 14 с.
- Гусев, Б. В. Вторичное использование бетонов [Текст] / Б. В. Гусев, В. А. Загурский. – М. : Стройиздат, 1988. – 96 с.

3. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из промышленных отходов [Текст] : учеб. пособие для строит. вузов и фак. / Л. И. Дворкин, И. А. Пашков. – К. : Высшая школа, 1980. – 144 с.
4. Коровкин, М. О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона [Электронный ресурс] / М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н. А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3. – Режим доступа : http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31_Korovkin.pdf_26679ca420.pdf.
5. Производство сборных железобетонных изделий [Текст] : Справочник / Г. И. Бердичевский, А. П. Васильев, Л. А. Малинина [и др.]. – М. : Стройиздат, 1989. – 447 с.
6. Авралин, К. П. «Киевгорстрой» заработает на мусоре [Текст] / К. П. Авралин // Деловая столица. – 2005. – № 172. – С. 8–10.

Получено 11.03.2016

С. І. ЧУРСІН, Є. А. ЛОБЗАНОВ
ОСОБЛИВОСТІ КРУПНОГО ЗАПОВНЮВАЧА З БРУХТУ ВАЖКИХ
БЕТОНІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Подано короткий аналіз технологій одержання заповнювача з брухту бетону. Виконана оцінка якості крупного заповнювача, отриманого методом подрібнення брухту бетонів. Визначено залежності властивостей отриманого заповнювача від міцності бетонного брухту. Вивчено фактори, що впливають на властивості заповнювачів з брухту бетонів. Показано, що переробка брухту бетону дозволяє отримати заповнювач, який не поступається за своїми властивостями заповнювача з граніту.

бетонний брухт, вторинний заповнювач, вихід заповнювача, зерновий склад, марка щебеню, легкоукладальність бетонної суміші

SERGEY CHURSIN, IEVGEN LOBZANOV
FEATURES OF COARSE AGGREGATE OF SCRAP HEAVY WEIGHT CONCRETE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

A brief analysis of technologies for the production of aggregate from waste concrete has been given. The quality of coarse aggregate has been obtained by crushing of scrap concrete. It has been estimated the dependences of the properties of the obtained aggregate from the strength characteristics of concrete scrap. It has been determined the factors affecting the properties of aggregates from waste concrete. It is shown that the recycling of scrap concrete allows you to aggregate, which is not inferior in its properties to the filler of granite.

concrete scrap, secondary aggregate, grain structure, make the crushed stone, the workability of concrete mixture

Чурсін Сергій Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: переробка промислових відходів у будівельні матеріали.

Лобзанов Євген Андрійович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження різних факторів, що впливають на властивості крупного заповнювача з брухту бетонів.

Чурсин Сергей Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: переработка промышленных отходов в строительные материалы.

Лобзанов Евгений Андреевич – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование различных факторов, оказывающих влияние на свойства крупного заполнителя из лома бетонов.

Chursin Sergey – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Constructions, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing of industrial wastes in building materials.

Lobzanov Ievgen – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: study of various factors affecting the properties of coarse aggregate from scrap concrete.

УДК 625.855.3, 514.18

Е. В. КОНОПАЦКИЙ, А. И. БУМАГА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведен анализ эффективности существующих методов математического моделирования и предложен способ геометрического моделирования физико-механических свойств строительных материалов, реализованный в БН-исчислении. В соответствии с существующей план-матрицей эксперимента по определению предела прочности при сжатии образцов газобетона после ТВО, получена последовательность аналитических зависимостей, которая позволяет определить физико-механические свойства строительных материалов в зависимости от двух параметров: напряженности электростатического поля и длительности электрообработки.

геометрическая модель, БН-исчисление, прочность, напряженность электростатического поля, длительность электрообработки, параболическая интерполяция, точечное уравнение, поверхность отклика, план-матрица

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Важной составляющей современных исследований в любой отрасли науки и техники является обработка и аналитическое описание полученного в результате эксперимента массива данных. Особенно это актуально для исследования свойств многокомпонентных систем, к которым относятся различные строительные материалы, для которых важной задачей является определение оптимального состава материала для получения необходимых физико-механических свойств. Здесь следует отметить, что для исследования свойств строительных материалов и оптимизации их состава широкой популярностью у отечественных учёных пользуются методы математической статистики и компьютерного моделирования, а геометрическому моделированию отводится лишь роль визуализации полученных результатов. Между тем во многих случаях, ставя в соответствие любому процессу или явлению геометрический объект, который получен на основе имеющегося экспериментального массива данных, можно получать результаты гораздо более высокого качества, чем те, которые получены другими способами математического и компьютерного моделирования.

Вообще под моделью объекта понимается любой другой объект, отдельные свойства которого частично или полностью совпадают со свойствами исходного объекта. В данном случае нужно понимать, что полученная математическая модель исчерпывающе полной быть не может. Она всегда ограничена и должна соответствовать исключительно целям моделирования, отражая ровно столько свойств исходного объекта, сколько необходимо для данного конкретного исследования. Поэтому при оценке эффективности моделирования всегда встает вопрос об адекватности полученных моделей. Оценка адекватности модели оценивается по близости результатов расчётов к экспериментальным данным. Для оценки адекватности моделей, полученных на основе методов математической статистики, используются соответствующие критерии адекватности (например, критерий Фишера), которые показывают, насколько полученная математическая модель отличается от значений экспериментальных данных. Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что такие отклонения будут в любом случае в большей или меньшей степени. При большом массиве экспериментальных данных, когда геометрически мы имеем облако точек, такой подход оправдан, поскольку позволяет оценить характер протекания процесса, но при небольшом количестве экспериментальных данных он даёт достаточно большую погрешность. С другой стороны, методами геометрического моделирования можно создавать геометрические объекты с наперед заданными свойствами. Геометрически это значит, что объект должен проходить через множество точек, каждая из которых соответствует своей

ячейке из полученного экспериментальным путём массива данных. Преимуществом такого подхода является полное отсутствие отклонений от исходных данных, поскольку это условие было заложено изначально в свойства геометрического объекта уже на стадии его формирования.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Перед решением задач оптимизации на основе полученной модели важно убедиться в её адекватности. Иначе и результат оптимизации можно будет считать сомнительным. Авторами в работах [1, 2] были проанализированы результаты математического моделирования физико-механических свойств модифицированного дегтебетона на основе регрессионного анализа и обоснован выбор математического аппарата – БН-исчисления [3] для геометрического моделирования физико-механических свойств модифицированного дегтебетона и их аналитического описания.

Данная статья является продолжением работы авторов по сравнению эффективности методов математического моделирования физико-механических свойств строительных материалов. Так в работе [4] исследуется зависимость предела прочности при сжатии образцов газобетона после ТВО от напряженности электростатического поля и длительности электрообработки. Эта работа примечательна тем, что для решения задач математического моделирования и оптимизации используются не только регрессионный анализ, но другие методы математического и компьютерного моделирования. Несмотря на изобилие рассмотренных в работе [4] методов моделирования их результат можно считать удовлетворительным, но далеко не самым удачным, если сравнивать его с результатами, полученными на основе методов геометрического моделирования.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать геометрическую модель зависимости предела прочности при сжатии образцов газобетона после ТВО от напряженности электростатического поля и длительности электрообработки, а также сравнить полученные результаты с другими методами математического и компьютерного моделирования.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для начала проанализируем имеющийся массив экспериментальных данных, полученных в работе [4]. Реструктурируем этот массив данных по длительности электрообработки. В результате получим модифицированный массив экспериментальных данных, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – План-матрица эксперимента и значения варьируемых факторов

№ п/п	Значение факторов варьирования				Среднее значение параметра оптимизации
	Кодированные		Натуральные		
	Напряженность электростатического поля, E , кВ/см	Длительность электрообработки, τ , мин	Напряженность электростатического поля, E , кВ/см	Длительность электрообработки, τ , мин	Предел прочности при сжатии образцов газобетона после ТВО, $R_{сж}$, МПа
1	-1	-1	1,0	10	5,06
2	0	-1	1,5	10	5,03
3	+1	-1	2,0	10	4,39
4	-1	0	1,0	20	5,14
5	0	0	1,5	20	6,79
6	+1	0	2,0	20	4,24
7	-1	+1	1,0	30	5,02
8	0	+1	1,5	30	4,46
9	+1	+1	2,0	30	4,26

В данном случае предел прочности при сжатии газобетона зависит от двух факторов: напряженности электростатического поля и длительности электрообработки. С геометрической точки зрения объект, который определяется с помощью двух параметров, является отсеком поверхности, расположенным в трёхмерном пространстве. Для построения такой поверхности воспользуемся методом подвижного симплекса [5] и выделим из девяти имеющихся точек, которым соответствуют натуральные значения факторов варьирования и среднее значение параметра оптимизации, три направляющих

дуги, которые соответствуют длительности электрообработки 10, 20 и 30 мин. Воспользуемся точечным уравнением дуги параболы второго порядка, проходящей через три наперед заданные точки [6], для параболической интерполяции экспериментальных данных. Выбор параболической интерполяции обусловлен количеством наперед заданных точек дуги кривой и напрямую зависит от количества проведенных экспериментов. Точечные уравнения направляющих дуг, согласованные с помощью параметра u , будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} M_{10} &= A_1^{10}\bar{u}(1-2u) + 4A_{1,5}^{10}\bar{u}u + A_2^{10}u(2u-1), \\ M_{20} &= A_1^{20}\bar{u}(1-2u) + 4A_{1,5}^{20}\bar{u}u + A_2^{20}u(2u-1), \\ M_{30} &= A_1^{30}\bar{u}(1-2u) + 4A_{1,5}^{30}\bar{u}u + A_2^{30}u(2u-1), \end{aligned} \quad (1)$$

где A_i^j – соответствует среднему значению параметра оптимизации при i -й напряженности электростатического поля и j -й длительности электрообработки, которые принимаются в соответствии с план-матрицей, представленной в таблице 1.

По этим направляющим параболическим дугам движется симплекс трёх точек M_{10} , M_{20} и M_{30} , в котором зададим образующую дугу параболы с помощью аналогичного точечного уравнения:

$$M = M_{10}\bar{v}(1-2v) + 4M_{20}\bar{v}v + M_{30}v(2v-1). \quad (2)$$

В результате получим последовательность точечных уравнений, зависящих от двух параметров u и v , которые определяют поверхность, проходящую через девять наперед заданных точек. Причём значению параметра u , который меняется в пределах от 0 до 1, соответствует напряженность электростатического поля, изменяющаяся в пределах от 1 до 2 кВ/см, а значению параметра v , который также меняется в пределах от 0 до 1, соответствует длительность электрообработки, изменяющаяся от 10 до 30 мин. Для программной реализации, апробации и визуализации предложенной последовательности однотипных точечных уравнений воспользуемся программным пакетом Maple (рис.).

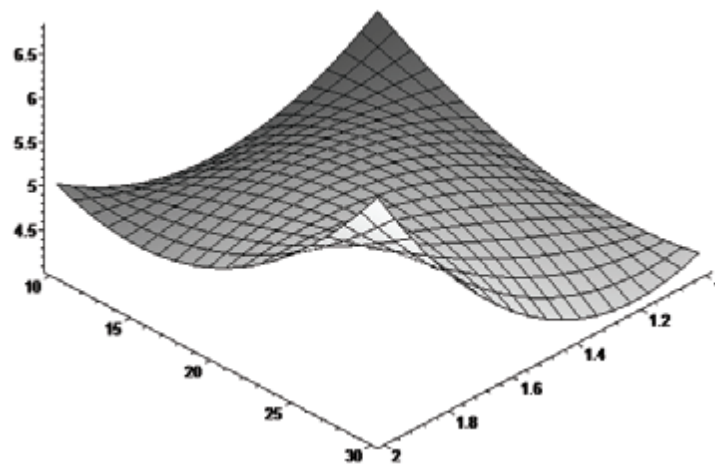


Рисунок – Графическая визуализация поверхности отклика зависимости предела прочности при сжатии образцов газобетона после ТВО от напряженности электростатического поля и длительности электрообработки.

Следует отметить, что на рисунке для корректного отображения поверхности отклика выбран разный масштаб по осям глобальной декартовой системы координат.

Проанализируем полученные результаты и сравним их с математической моделью, полученной в работе [4]. Результаты анализа представим в виде таблицы 2.

Как видно из таблицы 2, регрессионный анализ дал неплохой результат. Его погрешность не превышает 17 %. С другой точки зрения геометрическое моделирование таковой погрешности вообще не имеет, поскольку все необходимые условия были изначально заложены на стадии формирования поверхности отклика. Также следует отметить, что в работе [4] в процессе моделирования были задействованы не натуральные параметры, а соответствующие им кодированные факторы варьирования, что не даёт возможности осуществить пересчёт результатов моделирования в натуральных параметрах. При этом теряется сам смысл моделирования. Кроме этого, в работе [4] приведены номограммы, которые, как

Таблица 2 – Сравнительный анализ эффективности математического моделирования зависимости предела прочности при сжатии образцов газобетона после ТВО от напряженности электростатического поля и длительности электрообработки

№ п/п	Напряженность электростатического поля, E, кВ/см	Длительность электрообработки, τ, мин	Предел прочности при сжатии образцов газобетона после ТВО, Рсж, МПа			Погрешность, %	
			Натуральные значения	Регрессионный анализ	Геометрическое моделирование	Регрессионный анализ	Геометрическое моделирование
1	-1	-1	5,06	5,119	5,06	1,2	0
2	0	-1	5,03	5,717	5,03	13,7	0
3	+1	-1	4,39	4,387	4,39	0,1	0
4	-1	0	5,14	5,455	5,14	6,1	0
5	0	0	6,79	6,053	6,79	10,9	0
6	+1	0	4,24	4,723	4,24	11,4	0
7	-1	+1	5,02	4,603	5,02	8,3	0
8	0	+1	4,46	5,201	4,46	16,6	0
9	+1	+1	4,26	3,871	4,26	9,1	0

утверждает автор, получены на основе программы «CurveExpert 1.3». Результаты, полученные на основе этой программы в работе [4], не приводятся, но приводится расчетный коэффициент корреляции и стандартная ошибка. Если сравнивать и такой подход к моделированию, то можно отметить, что даже при низких показателях ошибки она всё равно имеет место быть в отличии от методов геометрического моделирования, реализованных в БН-исчислении.

ВЫВОДЫ

В статье получена последовательность аналитических зависимостей, определяющих геометрическую модель зависимости предела прочности при сжатии образцов газобетона после ТВО от напряженности электростатического поля и длительности электрообработки, что позволяет использовать полученную модель как средство прогнозирования и делает возможным проведение оптимизации параметров электростатической активации газобетонной смеси. Кроме этого, проведено сравнение полученной модели с существующими моделями, что подтверждает эффективность применения методов геометрического моделирования при аналитическом описании природных, технических и технологических процессов и явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Найдыш, А. В. Теоретические основы геометрического моделирования физико-механических свойств асфальтобетонов методами БН-исчисления [Текст] / А. В. Найдыш, Е. В. Конопацкий, А. И. Бумага // Математика. Геометрия. Информатика : Наук. вісник Мелітопольського держ. педаг. унів. ім. Б. Хмельницького. – Мелітополь : МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. – Т. 1. – С. 111–117.
2. Бумага, А. І. Геометрична модель залежності фізико-механічних властивостей асфальтобетону від чотирьох параметрів у БН-численні [Текст] / А. І. Бумага // Сучасні проблеми моделювання : зб. наук. праць. – Мелітополь : Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. – Вип. 3. – С. 28–33.
3. Балюба, И. Г. Точечное исчисление [Текст] : учебное пособие / И. Г. Балюба, В. М. Найдыш. – Мелітополь : МГПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – 236 с.
4. Мартынова, Рита Борисовна. Модифицированный неавтоклавный газополистиролбетон с повышенными физическими и механическими свойствами [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Мартынова Рита Борисовна. – Макеевка, 2012. – 197 с.
5. Давиденко, Иван Петрович. Конструювання поверхонь просторових форм методом рухомого симплексу [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Давиденко Иван Петрович. – Макеевка, 2008. – 187 с.
6. Бумага, А. І. Точкове рівняння дуги параболи другого порядку [Текст] / А. І. Бумага // Прикладна геометрія та інженерна графіка : Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К. : КНУБА, 2012. – Вип. 90. – С. 49–52.

Получено 14.03.2016

Є. В. КОНОПАЦЬКИЙ, А. І. БУМАГА
ДЕЯКІ ПИТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИКО-
МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У роботі проведено аналіз ефективності існуючих методів математичного моделювання і запропоновано спосіб геометричного моделювання фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів, реалізований у БН-численні. Відповідно до існуючої план-матриці експерименту з визначення межі міцності при стисканні зразків газобетону отримана послідовність аналітичних залежностей, яка дозволяє визначити фізико-механічні властивості будівельних матеріалів, в залежності від двох параметрів: напруженості електростатичного поля і тривалості електрооброблення.
геометрична модель, БН-числення, міцність, напруженість електростатичного поля, тривалість електрооброблення, параболічна інтерполяція, точкове рівняння, поверхня відгуку, план-матриця

EVGENIY KONOPATSKIY, ALLA BUMAGA
SOME QUESTIONS OF MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICAL AND
MECHANICAL PROPERTIES OF CONSTRUCTION MATERIALS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This paper analyzes the effectiveness of existing methods of mathematical modeling and the proposed method of geometric modeling the physical and mechanical properties of building materials, implemented in BN-calculation. According to the existing plan matrix experiment on determination of the compressive strength of aerated concrete samples the sequence analysis of dependencies, which allows to determine the physical and mechanical properties of building materials, depending on two parameters: electric field intensity and duration of electro-treatment has been obtained.
geometric model, BN-calculation, compressive strength in, electrostatic field strength, duration of electric treatment, parabolic interpolation, point equation, response surface, the plan matrix

Конопацький Євген Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: визначення геометричних багатовидів за допомогою багатокуткових і багаторадіальних параметризацій методом узагальнених тригонометричних функцій у точковому численні Балюби-Найдиша; розробка інструментів багатовимірної геометрії у точковому численні Балюби-Найдиша для геометричного моделювання багатопараметричних явищ і процесів.

Бумага Алла Іванівна – магістр технічних наук, асистент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем Донбаська національна академія будівництва і архітектури. Наукові інтереси: визначення геометричних багатовидів за допомогою багатокуткових і багаторадіальних параметризацій методом узагальнених тригонометричних функцій у точковому численні Балюби-Найдиша; розробка інструментів багатовимірної геометрії у точковому численні Балюби-Найдиша для геометричного моделювання багатопараметричних явищ і процесів.

Конопацкий Евгений Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры специализированных информационных технологий и систем Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: определение геометрических многообразий с помощью многоугольных и многорадиальных параметризаций методом обобщенных тригонометрических функций в точечном исчислении Балюбы-Найдыша; разработка инструментов многомерной геометрии в точечном исчислении Балюбы-Найдыша для геометрического моделирования многопараметрических процессов и явлений.

Бумага Алла Ивановна – магистр технических наук, ассистент кафедры специализированных информационных технологий и систем Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. Научные интересы: определение геометрических многообразий с помощью многоугольных и многорадиальных параметризаций методом обобщенных тригонометрических функций в точечном исчислении Балюбы-Найдыша; разработка инструментов многомерной геометрии в точечном исчислении Балюбы-Найдыша для геометрического моделирования многопараметрических процессов и явлений.

Konopatskiy Evgeniy – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Specialized Information Technologies and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the definition of geometric manifolds using multiangle and multiradial parameterizations by generalized trigonometric functions in a dot calculation by Balyuba-Naydysh, development tools multidimensional geometry in a dot calculation by Balyuba-Naydysh for geometric modeling multiparametric processes and phenomena's.

Bumaga Alla – Master of Engineering, assistant, Specialized Information Technologies and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the definition of geometric manifolds using multiangle and multiradial parameterizations by generalized trigonometric functions in a dot calculation by Balyuba-Naydysh, development tools multidimensional geometry in a dot calculation by Balyuba-Naydysh for geometric modeling multiparametric processes and phenomena's.

УДК 624.074.2

Д. В. БЕЛОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КУПОЛОВ

Предложена новая технология бетонирования купольных конструкций с использованием самоуплотняющегося бетона, которая позволяет сократить трудоемкость бетонирования при возведении монолитных железобетонных куполов. Показано устройство применяемой опалубочной системы и принцип её работы. Приводится описание оборудования для выполнения работ с помощью предложенного метода. Освещены технология выполнения работ и преимущества нового технологического решения возведения монолитного железобетонного купола.

монолитный купол, бетонирование, самоуплотняющийся бетон, оболочка купола, роторный насос

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В современных условиях высокое качество индустриального строительства можно обеспечить только благодаря использованию новых технологий и инновационных строительных материалов, а также постоянному контролю качества исходного сырья, материалов и полуфабрикатов [1]. Так, в последние годы все большие объемы внедрения на крупных объектах, производящих монолитный железобетон, приобретает самоуплотняющийся бетон. Его применение ограничивается возможностями производителей и поставщиков товарного бетона. Тем не менее преимущества данного вида бетона еще не используются в полной мере.

Строительство монолитных куполов и пространственных большепролетных покрытий различной конфигурации представляет довольно трудную техническую задачу. Основной сложностью является бетонирование оболочки купола, которая имеет круговую или параболическую поверхность и сравнительно небольшую толщину (80...120 мм). Купол является, как правило, еще и высотным объектом, что дополнительно осложняет работы по его возведению [2].

В практике возведения куполов применяют, как правило, две группы опалубок: жесткие опалубочные системы (подъемно-переставная, разборно-переставная опалубки) и пневматические купольные опалубки. При использовании жестких купольных систем бетонная смесь наносится на опалубку оболочки купола торкретированием, что приводит к увеличению объема высотных работ и значительно привязывает время производства работ к метеоусловиям. Торкретирование за один проход чаще всего не может обеспечить полностью проектную толщину оболочки, и возникает необходимость после технологического перерыва выполнять еще два-три слоя торкретбетона. Если бетонирование купола ведется путем подачи бетона между внутренней и внешней опалубками, значительная часть трудовых затрат идет на перестановку щитов наружной опалубки на каждый ярус бетонирования, затрудняется подача бетона из-за тонкостенности конструкции оболочки. Необходимость вибрирования бетонной смеси ведет к увеличению несущей способности опалубки, а значит и к увеличению ее веса. Возможность бетонировать оболочку купола ярусами (1,2...1,5 м) приводит к значительному количеству технологических перерывов и существенно увеличивает срок возведения объекта [3].

Пневматическая опалубка с увеличением пролета купола приобретает свойства большой подвижности (неустойчивости) за счет кинематического перемещения. Кроме того, поддержка постоянного заданного давления внутри воздушной опалубки купола также представляет определенную сложность. Да и стоимость изготовления самой опалубки довольно высока, а учитывая ее недолговечность, она может быть неприемлема для строительных организаций [4].

© Д. В. Белов, 2016

Использование самоуплотняющегося бетона при возведении купольных конструкций имеет ряд преимуществ перед традиционными бетонами: сокращение продолжительности строительства; более широкий выбор форм конструкций; упрощение работ по бетонированию (отпадает необходимость в уплотнении); исключение возможности расслоения бетонной смеси; отсутствия шума и вибрации. В то же время применение самоуплотняющегося бетона в традиционных купольных опалубочных системах не эффективно, а в некоторых случаях и невозможно из-за высокой его подвижности.

В этой связи **целью** исследования является разработка новой технологии бетонирования монолитных железобетонных куполов с использованием самоуплотняющегося бетона.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВОЗВЕДЕНИЯ КУПОЛА

Технология бетонирования куполов основана на использовании самоуплотняющегося бетона в комбинации с закачиванием смеси в опалубку снизу вверх.

После установки внутренней опалубки оболочки купола 1, а также опалубки нижнего и верхнего опорных колец 5 и 6 выполняется армирование купола. Оболочка армируется сетками 3, с диаметром арматуры 6...8 мм. Для обеспечения защитного слоя на сетки устанавливают пластиковые фиксаторы типа «звездочка».

По окончании армирования монтируется наружная опалубка оболочки купола 2 по всей площади купола. В наружной опалубке 2 в каждом секторе устроены штуцеры 4 для подачи бетона, которые оборудованы задвижками. Штуцеры по высоте купола могут быть устроены в несколько ярусов шагом 6...8 м (рис. 1).

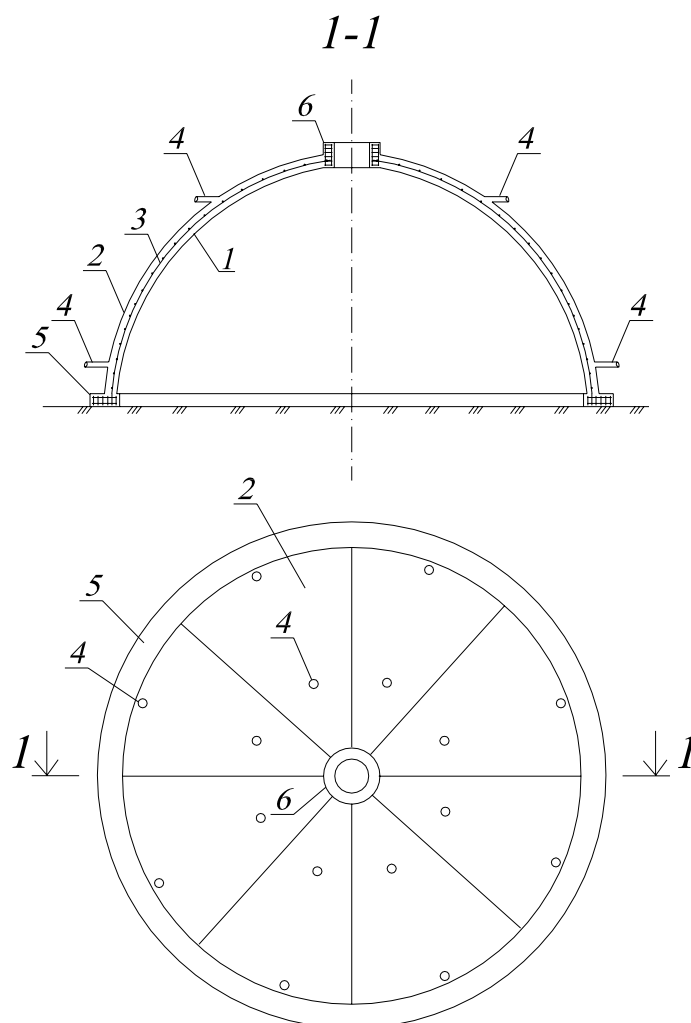


Рисунок 1 – Монтаж опалубки купола: 1 – внутренняя опалубка; 2 – наружная опалубка; 3 – арматура купола; 4 – штуцеры для подачи бетона; 5 – нижнее опорное кольцо; 6 – верхнее опорное кольцо.

Подача бетонной смеси в опалубку осуществляется под давлением. Использование самоуплотняющихся видов бетона с предварительной деаэрацией упрощает процесс, благодаря чему самые нестандартные структуры могут быть полностью заформованы. Смесь заливается в форму снизу вверх. Самоуплотняющийся бетон (СУБ) подается вначале в нижний ярус штуцеров одновременно по всему периметру купола, т. е. процесс подачи бетонной смеси осуществляется по всей площади опалубки под давлением (рис. 2).

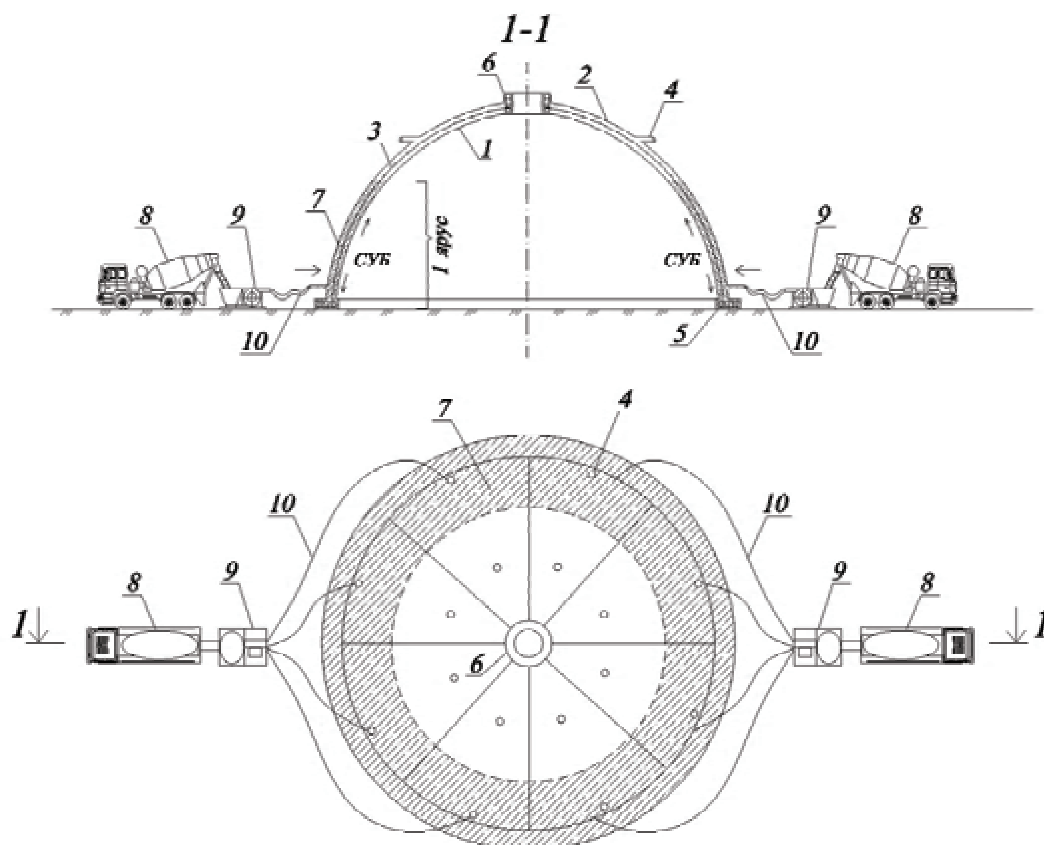


Рисунок 2 – Бетонирование первого яруса купола: 1 – внутренняя опалубка; 2 – наружная опалубка; 3 – арматура купола; 4 – штуцеры для подачи бетона; 5 – нижнее опорное кольцо; 6 – верхнее опорное кольцо; 7 – самоуплотняющийся бетон первого яруса; 8 – автобетоносмеситель; 9 – роторный насос; 10 – шланг.

После заправки бетонной смеси на первый ярус задвижки штуцеров для подачи бетона перекрываются, и сразу же без технологических перерывов подается бетон второго яруса. Вытесняемый из опалубки бетонной смесью воздух выходит через верхнее опорное кольцо купола 6 (рис. 3).

Шланговый насос, также известный как роторный насос 9, представляет необходимое технологическое устройство для данного метода бетонирования. Длина насоса со встроенной очистной системой составляет 3 000 мм, ширина 1 500 мм, высота 1 700 мм. Он весит 2,3 тонны, транспортируется при помощи крана и автопогрузчика; управляется одним оператором при помощи двунаправленного прибора радиодистанционного управления. Насос способен прокачивать смесь с крупностью заполнителя до 16 мм, расход смеси постоянно контролируется, что позволяет достичь объема прокачивания смеси до 18 м³/ч.

Насос снабжен датчиками, сигнализирующими о разрывах шланга или закупорке. При использовании нескольких насосов технология позволяет достичь высочайшей габаритной точности конструкции и обеспечивает крайне высокую производительность (до 300 л/мин.).

Полученные поверхности железобетонного купола идеально гладкие, впрочем, они могут быть и специально текстурированы с помощью опалубочных матриц. В любом случае отпадает необходимость в дополнительной и дорогостоящей отделке и затирке поверхности.

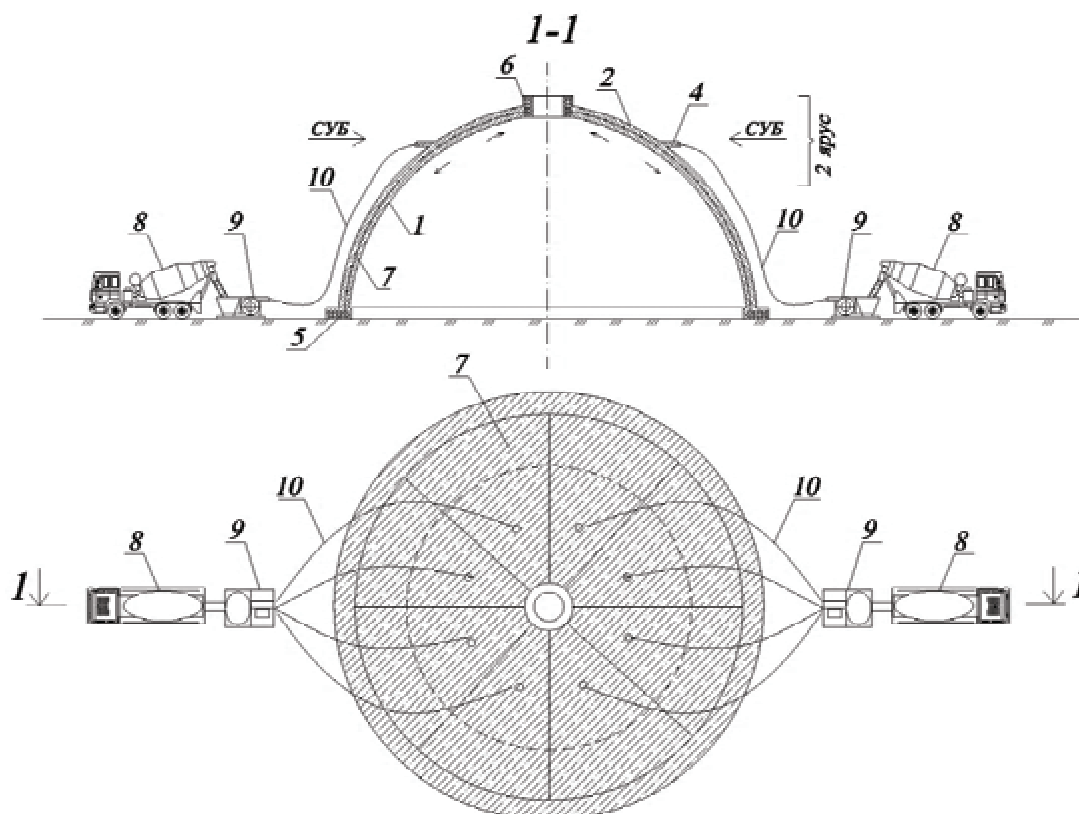


Рисунок 3 – Бетонирование второго яруса купола: 1 – внутренняя опалубка; 2 – наружная опалубка; 3 – арматура купола; 4 – штуцеры для подачи бетона; 5 – нижнее опорное кольцо; 6 – верхнее опорное кольцо; 7 – самоуплотняющийся бетон; 8 – автобетоносмеситель; 9 – роторный насос; 10 – шланг.

Использование самоуплотняющегося бетона позволяет существенно сократить время бетонирования купольных конструкций из-за отсутствия многократного устройства и перестановки внешних щитов опалубки, не применять вибрирование и добиться отличного распределения смеси в форме.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Использование самоуплотняющегося бетона при возведении монолитных куполов позволяет возводить объекты любого очертания и стрелы подъема.

Основными преимуществами данной технологии в сравнении с использованием традиционных купольных опалубочных систем и применением традиционного товарного бетона является:

- сокращение продолжительности строительства;
- возможность укладки за смену большего объема бетона;
- упрощение работ по бетонированию (отпадает необходимость в уплотнении);
- возможность подачи бетона непосредственно через опалубку (через отверстие в нижней её части);
- более простая и менее массивная конструкция опалубки (из-за отсутствия процесса вибрирования бетона на опалубку не воздействуют дополнительные динамические и статические нагрузки);
- возможность создания любой геометрии бетонируемой оболочки купола;
- особо гладкая и плотная поверхность бетона;
- идеальная размерная точность возводимой оболочки купола;
- более безопасное ведение строительных работ и сокращение работ на высоте;
- отсутствие шума и вибрации, негативно воздействующих как на персонал, так и на проживающих рядом со строительной площадкой людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов, Ю. М. Модифицированные и высококачественные бетоны [Текст] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : Ассоциация строительных вузов, 2007. – 368 с.
2. Липницкий, М. Е. Купольные покрытия для строительства в условиях сурового климата [Текст] / М. Е. Липницкий. – Л. : Стройиздэт, 1987. – 196 с.
3. Тур, В. И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности [Текст] / В. И. Тур. – М. : АСВ, 2004. – 96 с.
4. Зверев, А. Н. Большепролетные конструкции покрытий общественных и промышленных зданий [Текст] / А. Н. Зверев. – Л. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно строительный университет, 1998. – 142 с.
5. Болотских, О. Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика [Текст] / О. Н. Болотских // Бетон и железобетон в Украине. – 2006. – № 6. – С. 2–6.

Получено 15.03.16

Д. В. БЕЛОВ

ЗАСТОСУВАННЯ БЕТОНУ, ЩО САМОУЩІЛЬНЮЄТЬСЯ, ПРИ ЗВЕДЕННІ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КУПОЛІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Запропонована нова технологія бетонування купольних конструкцій з використанням бетону, що самоущільнюється, яка дозволяє скоротити трудомісткість бетонування при зведенні монолітних залізобетонних куполів. Показано облаштування вживаної опалубної системи і принцип її роботи. Наводиться опис устаткування для виконання робіт за допомогою запропонованого методу. Розкрито технологію виконання робіт і переваги нового технологічного рішення зведення монолітного залізобетонного купола.

монолітний купол, бетонування, бетон, що самоущільнюється, оболонка купола, роторний насос

DENIS BELOV

APPLICATION OF SELF-COMPACTING CONCRETE AT ERECTION OF MONOLITHIC REINFORCED-CONCRETE DOMES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The new technology of concreting dome designs with use of self-compacting concrete which allows to reduce labor input of concreting at erection of monolithic ferro-concrete domes is offered. The device applied timbering systems and a principle of its work is shown. The detailed description of the equipment for performance of works by means of the offered method is resulted. Technology of performance of works and advantages of the new technological decision of erection of a monolithic ferro-concrete dome, are demonstrated.

monolithic dome, the concreting, self-compacting concrete, dome cover, pump

Белов Денис Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: технологія і організація робіт при будівництві монолітних споруд.

Белов Денис Вікторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: технология и организация работ при строительстве монолитных сооружений.

Belov Denis – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technological processes at erection of monolithic constructions.

УДК 711.7

К. А. ЯКОВЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОЭТАЖНЫХ НАДЗЕМНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ПАРКОВОК

В статье рассмотрены современные виды парковок, применяемых в крупных городах, приведена классификация парковок по конструктивным особенностям. Описаны особенности строительства и эксплуатации площадочных парковок и многоэтажных надземных и подземных парковок. Выполнено исследование, с градостроительной точки зрения, эффективности использования различных видов парковок в крупных городах. Особое внимание было уделено сравнительному анализу многоэтажных надземных и подземных парковок.

парковка, подземные и надземные парковки, легкие металлоконструкции

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Среди основных проблем развития города существенное место занимает группа вопросов, которые непосредственно связаны с транспортом. Эффективная работа транспорта является залогом экономического процветания городов. Все, что связано с работой автотранспорта, можно разделить на две принципиально разные составные части: обеспечение условий движения и обеспечение условий хранения автомобилей. На данном этапе развития автомобилизации вопрос выделения территорий под парковку автомобилей приобретает особо важное значение. Наибольшие проблемы возникают в центральной части крупных городов, где свободная территория практически отсутствует, а транспортные потоки большие. Наличие и удобство парковки часто является решающим критерием в использовании машины для внутригородских поездок.

Парковка – неотъемлемая часть жилого, офисного, административного комплексов, а также торговых и торгово-развлекательных центров. Сегодня практически для каждого объекта строительства, так или иначе, решается вопрос размещения автомобилей его посетителей. В условиях, когда наличие свободных пространств на городской территории стремительно уменьшается, а стоимость городской земли непрерывно возрастает, возникает острая необходимость в разработке современных методов и методик, позволяющих более рационально использовать земельный ресурс городских территорий для нужд системы парковки автомобилей.

В настоящее время существует несколько видов парковки, что вызывает необходимость выполнения разностороннего анализа для выявления наиболее экономически целесообразных видов парковки в крупных и крупнейших городах. С точки зрения экономии территориальных ресурсов наиболее перспективными представляются многоуровневые надземные и подземные парковки. Необходимость анализа эффективности многоэтажных надземных и подземных парковок с учетом особенностей, которые сложились в новых экономических условиях, а также недостаточность исследований в этом направлении определяют актуальность данной работы и ее цель.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросу организации парковок в градостроительной практике посвящено много исследований, научных конференций, нормативных документов, проектных разработок. Исследование проводили такие ученые, как: В. П. Адомавичус, Б. Андерсен, Э. Н. Боровик, Г. Е. Голубев, Э. М. Лобанов, Н. Н. Осетрин, О. В. Стельмах, А. Э. Страментов, А. П. Седов, А. В. Сигаев, Ф. П. Топунов, В. А. Черепанов,

В. В. Шештокас и другие. Однако остается множество нерешенных вопросов. В большинстве случаев, основное внимание исследований отводилось приемам планирования и конструктивным характеристикам стоянок, разработке нормативных показателей по определению вместительности стоянок. Недостаточный учет особенностей, которые характеризуют потребность города в стоянках, привел к существенному снижению достоверности конечных результатов или даже непригодности использования предложенных методов в новых экономических условиях городов. Также важным является влияние градостроительных факторов на формирование системы парковки автомобилей в условиях рыночных отношений, которые формируются в современных городах.

Целью работы является выполнение сравнительного анализа эффективности строительства многоэтажных надземных и подземных парковок с градостроительной точки зрения.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Учитывая некоторые особенности использования легковых индивидуальных автомобилей, парковки принято делить на два типа:

- постоянная парковка (возле жилья);
- временная парковка (возле объектов тяготения население).

Организация этих двух видов парковки существенно различается между собой. Потребность в местах парковки неразрывно связана с количеством автомобилей в городе, с назначением и характером работы объектов тяготения населения и с условиями использования автомобилей (которые определяются градостроительными факторами).

Классификация парковок по конструктивным особенностям приведена на рисунке.

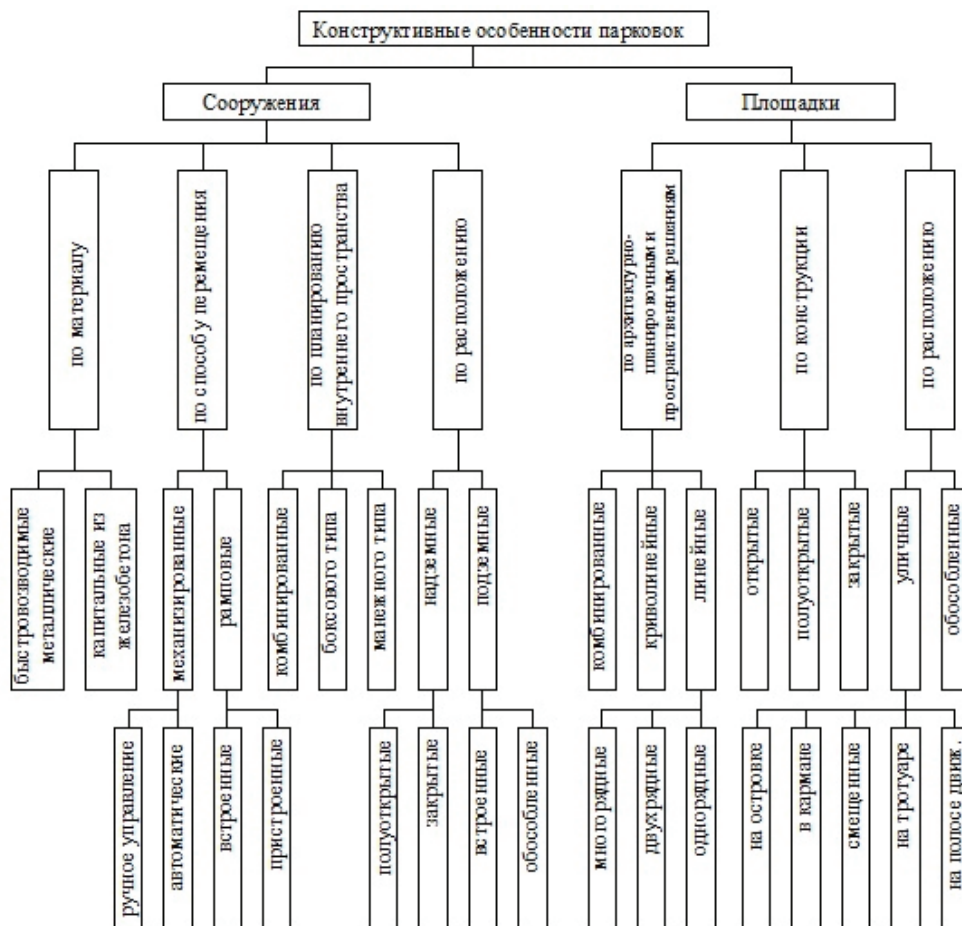


Рисунок – Классификация парковок по конструктивным особенностям.

Места парковки, выполненные в виде площадок, характеризуются чрезвычайно низкой стоимостью и простотой устройства. Иногда необходимые затраты ограничиваются затратами, связанными с

устроением покрытия. При организации стоянок на площади или улице затраты ограничиваются нанесением разметки. Существенным недостатком парковок площадочного типа является чрезвычайно большие площади, которые необходимо под них выделять, также они искажают архитектурно-пространственное восприятие города. В большинстве случаев в крупных и крупнейших городах невозможно разместить такую парковку в условиях сформировавшейся застройки.

Места парковки, выполненные в виде сооружений, являются наиболее дорогими, это их главный недостаток. Но они имеют больше достоинств, чем недостатков. Многоэтажные стоянки наиболее рациональны за счет экономии ценной территории. Плотность расстановки автомобилей значительно увеличивается при увеличении количества этажей. Такие стоянки лучше вписываются в архитектурно-пространственное решение окружающей застройки. Эти объекты могут быть более функционально оборудованными, поэтому они более приспособлены для стоянки автомобилей в разных климатических условиях. По отношению к отметке земли, парковки могут быть наземными или подземными. Опыт строительства подобных объектов показывает, что надземные парковки целесообразно сооружать до 15 этажей, подземные – до 5 этажей [2, 5]. Возможно также строительство подземно-надземных парковок, так в Лиссабоне был сооружен наибольший в Европе гараж, имеющий три этажа вниз и три этажа вверх, общей площадью 450 тыс. м².

Следует отметить, что показатели стоимости земли в городе очень разные в зависимости от градостроительных условий и расположения земельного участка, это должно чрезвычайно сильно повлиять как на развитие системы парковки автомобилей в целом в городе, так и на определение конструктивных особенностей каждой парковки в отдельности в зависимости от ее расположения. В связи с этим необходимо рассмотреть модель определения экономической эффективности строительства стоянок, основанной на стоимости земли. Так, по мере приближения к центру возрастает ценность городской территории и потребность в местах парковки, которая может активизировать строительство именно многоэтажных стоянок (на этих землях) [3, 4].

Надземный паркинг представляет собой отдельно стоящее здание, где на нескольких уровнях располагаются автомобили. Одним из простейших вариантов надземного паркинга является открытый паркинг. Это «холодный» паркинг, который не требует отопления, вентиляции, дымоудаления, специального пожаротушения, остекления и сложных гидроизоляционных работ.

Конструктивное решение надземных паркингов с применением легких металлоконструкций имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с другими технологиями. Одним из главных достоинств решения является его компактность. Строительство многоэтажного паркинга является наилучшей альтернативой для современного города с ограниченным количеством свободного пространства. Для возведения парковки из металлических конструкций не требуется вести дорогостоящие земляные работы и изготавливать тяжёлый фундамент глубокого залегания из бетона. Это достигается за счет гораздо более низкого веса сооружения в сравнении с традиционным строительством из кирпича или бетонных панелей. Ещё одним преимуществом этой парковки является чрезвычайно высокая скорость возведения, простота сборки, минимальное количество необходимой для монтажа техники. Строительство парковок из металлоконструкций решает главные экономические проблемы инвесторов: снижаются инвестиционные затраты на строительство, сокращаются сроки окупаемости проектов.

Подземный паркинг – довольно сложное, с точки зрения конструкции, и дорогое сооружение. Как показывает практика, многоуровневые подземные паркинги строятся довольно редко. При строительстве подземных паркингов возникает ряд сложностей и ограничений. Согласно СНиП 21-02-99, этажность подземных паркингов ограничена пятью этажами. Огромное количество подземных коммуникаций, необходимость применения специальных систем инженерных коммуникаций, требующие укрепления фундаменты близлежащих зданий и необходимость дополнительной гидроизоляции конструкций значительно повышают стоимость строительства подземного паркинга (табл.).

Однако, преимущества подземных парковок очевидны. Прежде всего подземные парковки экономят территорию, поскольку могут быть размещены под существующими зданиями, дорогами и озеленением. Экономия территории происходит за счет того, что в площадь участка входят размеры накопительной площадки, защитного озеленения, внешние пандусы для въезда и выезда автомобилей. Экономия площади может увеличиваться в 10–20 раз сравнительно с одноэтажными и 3–4 раза сравнительно с многоэтажными надземными сооружениями при одинаковом количестве этажей [1]. Особо важен энергетический аспект: дело в том, что температура воздуха под землёй круглый год остаётся постоянной и может составлять 8...13 °С (в зависимости от породы), что позволяет существенно уменьшить потребление энергии.

Таблица – Сравнение наземных и подземных многоуровневых парковок

	Многоэтажные парковки	
	Наземные	Подземные
Достоинства	<ul style="list-style-type: none"> – наибольшая возможная плотность расстановки автомобилей; – возможная этажность до 15 этажей; – возможность вписаться в архитектурно-пространственное решение окружающей застройки; – экономия городских территорий; – наличие естественного освещения; – небольшая энергозависимость; – возможность устройства защиты от внешних климатических условий; – относительно высокая скорость строительства. 	<ul style="list-style-type: none"> – высокая плотность расстановки автомобилей; – возможная этажность до 6 этажей; – отсутствие необходимости вписываться в архитектурно-пространственное решение окружающей застройки; – экономия городских территорий; – минимальная занимаемая площадь; – многофункциональное использование территории (возможность надстройки здания с другими функциями); – естественная защищенность от внешних климатических условий.
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> – высокая стоимость сооружения; – в случае устройства защиты от внешних климатических условий, высокое энергопотребление. 	<ul style="list-style-type: none"> – наивысшая стоимость сооружения; – высокая трудоемкость работ; – ограниченность возможности применения в городских условиях; – необходимость усиления фундаментов близлежащих зданий; – отсутствие естественного освещения; – высокая энергозависимость; – повышенные требования к гидроизоляции; – необходимость оборудования специальными системами: <ul style="list-style-type: none"> – противопожарный водопровод; – принудительная вентиляция; – аварийное освещение; – система автоматического отвода грунтовых вод.

Конечно, строительство наземной парковки обходится гораздо дешевле (в полтора-два раза), чем подземной. Однако размещение паркинга под землёй может оказаться выгоднее – в этом случае застройщик получает возможность максимально использовать площади под основную застройку: офисную, торговую, жилую – доходность которой гораздо выше. Поэтому подземная парковка обычно бывает оптимальным вариантом при строительстве в центре города.

Современные технологии строительства подземных паркингов предлагают целый ряд современных технологий, кроме традиционного способа, связанного с рытьём котлована и последующим строительством в нём, и позднее пришедшего на смену метода опускного колодца. Эти технологии позволяют с помощью одной операции решить несколько задач. Так, например, при необходимости заглубления парковки ниже уровня грунтовых вод в настоящее время часто применяется метод «стена в грунте». Применение этого метода наиболее эффективно при строительстве крупных объектов. Этот способ предусматривает извлечение грунта под защитой бентонитового раствора. Затем устанавливается арматурный каркас, и раствор замещается бетоном. Технология позволяет впоследствии использовать «стену в грунте» как несущую конструкцию и вместе с тем как гидроизоляцию. Кроме того, значительно упрощается подготовка котлована. Этот метод решает проблемы, с которыми сталкиваются заказчики в центре города: узкие площадки строительных объектов, сохранение целостности строений, минимизация сброса сточных вод.

ВЫВОДЫ

Зарубежный опыт градостроительства позволяет сделать следующие выводы относительно размещения на территории города различных видов парковок:

- центральная зона – строительство преимущественно подземных многоуровневых парковок, совмещенных с офисными зданиями, это позволит максимально эффективно использовать самую дорогую городскую землю;
- срединная зона – строительство преимущественно наземных многоуровневых парковок, стоимость земли в срединной зоне города значительно ниже, а строительство наземной многоуровневой парковки менее затратное, чем подземной;

– периферийная зона – возможно строительство площадочных парковок, так как в этой зоне обычно много свободных территорий и стоимость земли наименьшая, однако необходимо учитывать перспективы и направления развития города.

В современной практике градостроительства хранение автомобилей на площадках возможно допускать как временную меру. Правильный расчет и расстановка многоуровневых паркингов позволит сэкономить ценную городскую территорию и избежать проблем с хранением автомобилей в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ванникова, Е. М. Многоэтажные наземные и подземные гаражи-стоянки [Текст] / Е. М. Ванникова. – М. : Стройиздат, 1978. – 73 с.
2. Голубев, Г. Е. Автомобильные стоянки и гаражи в застройке городов [Текст] / Г. Е. Голубев. – М. : Стройиздат, 1988. – 252 с.
3. Кабакова, С. И. Градостроительная оценка территорий городов [Текст] / С. И. Кабакова. – М. : Стройиздат, 1973. – 153 с.
4. Кабакова, С. И. Экономические проблемы использования земель в строительстве [Текст] / С. И. Кабакова. – М. : Стройиздат, 1981. – 154 с.
5. Маковский, Л. В. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации подземных автостоянок и гаражей в крупных городах за рубежом [Текст] : обзор / Л. В. Маковский ; Объединение по руководству научно-технической информацией и пропагандой в РСФСР при государственном комитете Совета министров СССР по науке и технике. – М. : ГОСИНТИ, 1974. – 39 с. : ил. – (Обзоры по проблемам больших городов ; вып. 43).

Получено 01.03.2016

К. А. ЯКОВЕНКО
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БАГАТОПОВЕРХОВИХ НАДЗЕМНИХ І
ПІДЗЕМНИХ ПАРКУВАНЬ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянуті сучасні види паркувань застосовуваних у великих містах, наведена класифікація паркувань за конструктивними особливостями. Описано особливості будівництва й експлуатації майданчикових паркувань і багатоповерхових надземних і підземних паркувань. Виконано дослідження, з містобудівної точки зору, ефективності використання різних видів паркувань у великих містах. Особлива увага була приділена порівняльному аналізу багатоповерхових надземних і підземних паркувань.

паркування, підземні та надземні паркування, легкі металокопункції

KONSTANTIN YAKOVENKO
COMPARATIVE ANALYSES OF MULTI – STORED OVERLAND AND
UNDERGROUND PARKING LOTS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article overviews modern types of parking lots used in large cities. In the frame of Urban Planning, effective use of multi-stored overland and underground parking lots have been studied. The main features of the construction and operation of multi-stored overland and underground parking lots have been described. The benefits of parking lots of different types in large cities have been carried out under the Urban Planning research. Particular attention was given to the comparative analysis of multi-stored overland and underground parking lots.

parking lots, overland and underground parking lots, light-gage construction

Яковенко Костянтин Анатольович – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вплив на формування вулично-дорожньої мережі міста легкового індивідуального транспорту; наукове обґрунтування напрямків розвитку вулично-дорожньої мережі; оптимізація роботи міського пасажирського транспорту.

Яковенко Константин Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: влияние на формирование улично-дорожной сети города легкового индивидуального транспорта; научное обоснование направлений развития улично-дорожной сети; оптимизация работы городского пассажирского транспорта.

Yakovenko Konstantin – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Municipal Engineering and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the automobile personal transport influence on city road network formation; the scientific substantiation of development trends of a road network; optimization of urban public transport.

УДК 666.972.125

С. И. ЧУРСИН, А. В. ПОЗДНЯКОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ, ПОЛУЧАЕМОГО ИЗ ОТСЕВА ДРОБЛЕННОГО БЕТОНА

Дан анализ перспективы использования песчаных фракций из отсева дробленного бетона. Изучены различные факторы влияния на свойства мелкого заполнителя при производстве бетонов. Выполнена оценка качества мелкозернистой смеси по гранулометрическому составу. Приведены составы мелкозернистого бетона и обоснованы способы повышения качества мелкого заполнителя. Показано, что песчаная фракция из отсева дробленного бетона имеет перспективы применения в строительстве в качестве мелкого заполнителя.

отсев дробленного бетона, активация цементных структур, водопоглощение, зерновой состав песка, мелкозернистый бетон

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Переработка некондиционных железобетонных конструкций, в том числе различных сооружений, пришедших со временем в негодность, является весьма актуальной проблемой. В результате ступенчатого дробления бетонного лома происходит разрушение кусков с образованием крупных фрагментов (щебня фракции 5...20 мм), а также мелких и пылевидных частиц, называемый отсевом, который представляет интерес как мелкий заполнитель.

Мелкий заполнитель из отсева, как правило, состоит из смеси частиц песка, измельченных частиц щебня, а также частиц цементного камня, состоящего из гидратированной и негидратированной части, которая может быть потенциально активной составляющей. Такой мелкозернистый заполнитель характеризуется рядом особенностей свойств: неоднородностью исходного материала по прочности, неоптимальным зерновым составом, повышенной шероховатостью поверхности и т. д., что существенно сдерживает широкое его использование в технологии бетонных и железобетонных конструкций.

Управляемое изменение качества мелкого заполнителя из отсева путем оптимизации зернового состава и рациональное использование имеющихся свойств, обеспечивающих эффективность материала, позволит существенно повысить, соответственно, и качество бетонов, расширить область их применения, а также решить проблему ресурсосбережения вторичного сырья.

Анализ последних исследований и публикаций свидетельствует о том, что вопрос использования вторичных сырьевых ресурсов, а именно бетонного лома, вызывает определенный интерес, связанный с увеличением количества таких ресурсов. Анализ экспериментальных данных как отечественных, так и зарубежных исследователей, показал некоторое ухудшение технологических и эксплуатационных свойств обычных бетонов на заполнителях, полученных из дробленного бетонного лома.

Отмечается также, что эффективность применения дробленного бетона в качестве крупного заполнителя, в целом, не вызывает сомнения. Это связано с тем, что гранитный заполнитель, как крупный заполнитель, практически не изменяет свои свойства, несмотря на длительный период эксплуатации. Однако использование мелких фракций дробленного бетона в качестве мелкого заполнителя, содержание которого может составлять до 30...40 %, вызывает некоторые опасения, связанные с явно ухудшенными свойствами.

Так, при замене мелкого кварцевого природного песка аналогичным заполнителем из дробленного бетона при $V/Ц = 0,65$ прочность снижается в среднем на 20 % для бетона на вторичном гранитном

и на 25 % для бетона на вторичных известняковых заполнителях. При этом существенно ухудшается удобоукладываемость бетонных смесей [1].

Как известно, структура такого крупного и мелкого заполнителя включает в себя контактную зону между исходным зерном заполнителя и цементным камнем – наиболее слабую по прочности, высокопористую и поэтому наименее долговечную систему в структуре бетона. На мелких фракциях вторичного заполнителя количество цементного камня после дробления остается большее, например у частиц размером до 1 мм количество цементного камня достигает более 50 %, тогда как на вторичном крупном заполнителе этот показатель составляет 20...25 % [2].

Следует отметить, что особенностью заполнителей из бетонного лома является то, что на поверхности частиц формируются новообразования в виде гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция, портландита, этtringита, карбонатов кальция и др. минералов, которые имеют сплошную оболочку из цементного камня. Считается, что эта оболочка обладает пористостью, что приводит к повышенному водопоглощению заполнителей. Таким образом, при получении заполнителей из бетонного лома путем дробления происходит разрушение образованной структуры с образованием новых химически активных поверхностей цементного камня, негидратированная часть которого может подвергаться дальнейшей гидратации. Входящие в состав молотого дробленого бетона тонкодисперсные карбонаты кальция (25...30 % CaCO_3 по массе) играют роль микровключений в матричном материале, образуют каркас и помогают создавать прочную «микробетонную» структуру. Выступая в качестве зародышей, центров кристаллизации в процессе структурообразования, карбонаты имеют существенное положительное влияние на физико-химические процессы твердения бетона [3].

Заполнители, обладающие повышенной водопотребностью и водопоглощением, активно влияют на формирование структуры бетонной смеси и бетона. Заполнители в бетонной смеси, имея значительную пористость, сначала поглощают воду из бетонной смеси. При этом изменяются реологические свойства смеси вследствие перераспределения воды между твердой, жидкой и газообразной фазами. В дальнейшем, при образовании капиллярно-пористой структуры цементного камня, происходит обратная миграция воды из пор заполнителя в твердеющий цементный камень [2].

Таким образом, мелкий заполнитель из лома бетона может оказывать активное влияние на формирование структуры, что подтверждает предположение о целесообразности его использования в составе бетонов.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основной целью исследований является повышение качества мелкого заполнителя, полученного из отсева дробленного бетона. Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: оценить свойства мелких заполнителей, получаемых в результате дробления бетонного лома, оптимизировать состав мелкого заполнителя из отсева дробленного бетонного лома; предложить способы корректировки состава мелкозернистой смеси.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований были использованы следующие материалы: природный мелкий заполнитель Краснополянского месторождения и тяжелый бетон классов В15, В20 и В30 в виде образцов – кубов с размером ребра 10 см, которые хранились в естественных условиях в течение 10–15 лет.

При дроблении бетонных образцов как прототипе бетонного лома, кроме крупного заполнителя, образуются также и мелкозернистые фракции – отсев дробления. Количество таких частиц зависит от реальной прочности структуры бетона и составляет 18, 21 и 30 %, соответственно для бетонов класса В15, В20 и В30. Как показали результаты испытаний, реальная прочность бетонов классов (марок) В15 (М200), В20 (250), и В30 (400) по истечении времени составляет 26, 33 и 53 МПа, соответственно. Отсев дробления представляет собой частицы, состоящие из обломков зерен гранитного щебня и мелкозернистого заполнителя, а также мелких частиц цементного камня.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в бетонах невысоких марок разрушение происходит в большей мере по зоне контакта крупного заполнителя и цементного камня, что повышает процент выхода крупных фракций. Высокомарочный бетон дробится несколько иначе – с разрушением всех составляющих бетона, что приводит к увеличению количества мелкозернистых, цементно-песчаных и цементных структур до 30 %. Характерным является тот факт, что в отсевах появляются частицы,

контролируемые ситом № 2,5 в количестве до 59 % для бетона марки 200 и для марки 400, соответственно 36 %.

Из анализа гранулометрического состава мелкого заполнителя, полученного из отсева, следует, что на сите № 2,5 находится значительно большее количество частиц, чем это допускают нормы – не более 18 %. Такой состав мелкого заполнителя не является качественным для использования в бетонах, относится к крупным пескам и требует корректировки, путем добавления мелкого песка (табл. 1).

Таблица 1 – Гранулометрический состав и удельная поверхность мелкого заполнителя

№ сита, мм	Марка 200 ($R_6 = 26$ МПа)			Марка 250 ($R_6 = 33$ МПа)			Марка 400 ($R_6 = 53$ МПа)		
	$a_i, \%$	$A_i, \%$	$S_{пов}, \text{см}^2/\text{г}$	$a_i, \%$	$A_i, \%$	$S_{пов}, \text{см}^2/\text{г}$	$a_i, \%$	$A_i, \%$	$S_{пов}, \text{см}^2/\text{г}$
2,5	59	59	3,67	51,7	51,7	3,21	36	36	2,24
1,25	11	70	3,2	2,0	53,7	5,88	2	38	0,58
0,63	2	72	20,9	10,5	64,2	10,45	22	60	22,99
0,315	13	85	54,4	14,5	78,9	60,79	17	77	71,24
0,16	15	100	248,18	21,1	100	347,46	23	100	380,55
$M_{кр} = 3,86$			$M_{кр} = 3,48$			$M_{кр} = 3,11$			

Следует также отметить, что структурная прочность бетонного лома оказывает влияние на зерновой состав мелкого заполнителя. Так, при увеличении структурной прочности, при сравнении марок 200 и 400, показатель модуля крупности уменьшается с $M_{кр} = 3,86$ до $M_{кр} = 3,11$, тем самым несколько улучшая качество мелкого заполнителя. Более наглядно это показано на рис. 1а.

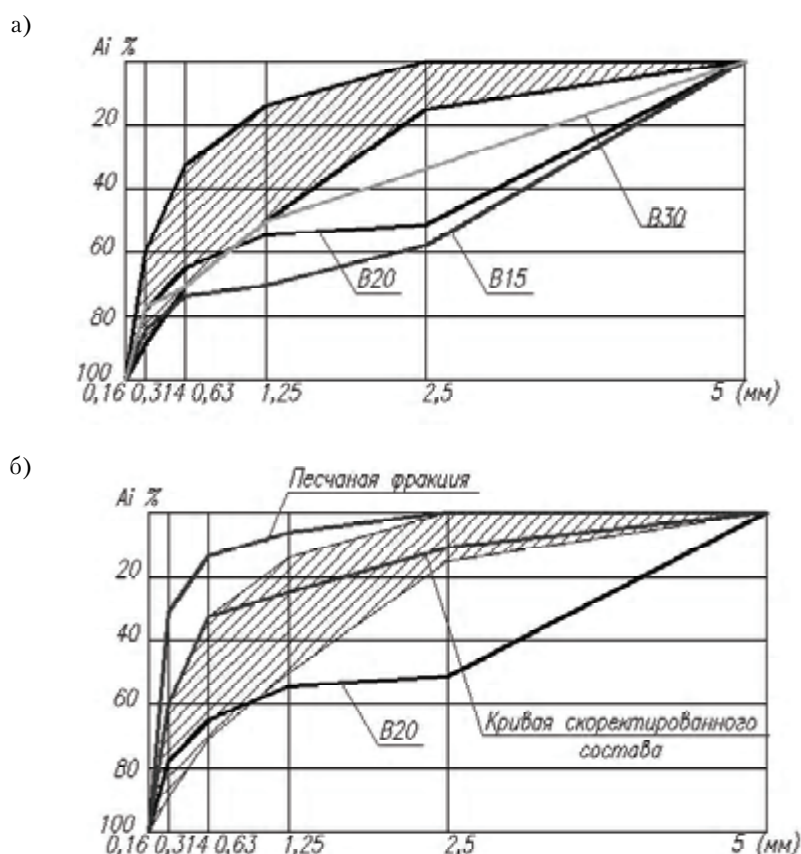


Рисунок 1 – График гранулометрического состава мелкого заполнителя: а) из отсева дробленного бетона различных марок; б) скорректированный мелким песком.

Известно, что вода является очень важным компонентом в бетонной смеси, обеспечивающая смачивание поверхности всех составляющих, растворение цементных составляющих (имеется ввиду химические реакции гидратации), а также удобоукладываемость смеси. Учитывая тот факт, что количество

воды затворения назначается в начале расчета состава бетона и обосновывается в целом только водопотребностью мелкого заполнителя в зависимости от его модуля крупности, при этом не учитывается пофракционное значение частиц заполнителя. Поэтому представляет интерес такая характеристика, как удельная поверхность частиц, участвующих в процессах смачивания, взаимодействия и др.

Расчетные показатели составов мелкого заполнителя свидетельствуют о том, что наибольшие значения суммарной удельной поверхности имеют частицы наименьшей фракции (сито № 0,16). Причем, чем большее количество этой фракции в смеси, тем больше суммарная величина удельной поверхности. Вполне очевидно, что увеличение суммарной поверхности частиц приводит пропорционально и к увеличению водопотребности смеси.

Как известно, к увеличению водопотребности мелкого заполнителя из отсева дробленного бетона приводит в основном пористость цементных частиц, что требует соответствующей корректировки состава смеси.

Для корректировки состава мелкого заполнителя был выбран кварцевый песок Краснополянского месторождения, который характеризуется как очень мелкий с модулем крупности менее 1,5 (табл. 2). Экспериментальные данные подтвердили принадлежность природного заполнителя к мелкому песку с $M_{кр} = 1,53$ и характерной особенностью – отсутствием частиц на контрольном сите № 2,5. Так, на рис. 16 наглядно представлены требования к качественному песку по зерновому составу, которые характеризуются $M_{кр} = 2,1$ и также допускают отсутствие частиц на сите № 2,5.

Таблица 2 – Гранулометрический состав скорректированной смеси из песка и отсева

№ сита, мм	Мелкий песок			Отсев лома бетона М250			Скорректированный состав		
	ai, %	Ai, %	S _{пов} см ² /г	ai, %	Ai, %	S _{пов} см ² /г	ai, %	Ai, %	S _{пов} см ² /г
2,5	0	0	0,0	51,7	51,7	3,21	16,7	16,7	3,84
1,25	5	5	3,8	2,08	53,7	5,88	7,84	24,5	2,17
0,63	13	18	15,68	10,5	64,3	10,45	10	34,5	10,45
0,315	12	30	92,2	14,5	78,8	60,76	21	55,5	88
0,16	70	100	992,74	21,1	100	347,46	44,48	100	728

С целью оптимизации состава мелкого заполнителя из отсева дробленного бетона (выбран класс В20) для улучшения состава был добавлен мелкий природный песок в количестве 60 %.

При такой дозировке природного песка (60 %) и мелкого заполнителя из отсева (40 %) смесь характеризуется сбалансированным зерновым составом и имеет $M_{кр} = 2,4$, что соответствует требованиям, предъявляемым к качественному мелкому заполнителю. При использовании мелкого заполнителя из отсева бетона класса В30 добавка природного песка составит примерно 40 %, приводящая к аналогичному повышению качества мелкого заполнителя, что свидетельствует о возможности управления качеством мелкого заполнителя с помощью природного мелкого песка.

Следует отметить, что природный мелкий песок имеет довольно высокую удельную поверхность, что, очевидно, приведет к повышению водопотребности бетонной смеси и, как следствие, к увеличению расхода цемента.

Поэтому для улучшения гранулометрического состава было бы целесообразным исключить фракцию 0,16 мм из природного мелкого песка, что позволило бы увеличить модуль крупности песка, а также существенно снизить удельную поверхность смеси мелких заполнителей. Благодаря этому мог бы значительно сократиться расход воды, что, в свою очередь, снизит расход цемента.

ВЫВОДЫ

Выполнена оценка свойств мелкого заполнителя из отсева дробления бетонов различных классов, предложены методы корректировки составов с использованием удельной поверхности частиц, позволяющие эффективнее прогнозировать свойства как самого мелкого заполнителя: модуль крупности, зерновой состав, так и свойства бетонной смеси. Оптимизация состава мелкого заполнителя из отсева дробления бетона за счет мелкого природного песка позволит обеспечить требуемые показатели качества, что может оказывать активное влияние на формирование структуры бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кальгин, А. А. Эффективность использования дробленого бетона в производстве бетонных и железобетонных изделий [Текст] / А. А. Кальгин, М. А. Фахратов // СРІ Международное бетонное производство. – 2007. – № 5. – С. 162–163.
2. Чистов, Ю. Д. Ячеистый бетон из мелких отсеков дробления бетонного лома – путь к малоотходным технологиям в строительстве [Текст] / Ю. Д. Чистов, М. В. Краснов // Научно-теоретический журнал : Популярное бетоноведение. – 2005. – № 6. – С. 24–29.
3. Коровкин, М. О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона [Электронный ресурс] / М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н. А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – Том 37, № 3. – Режим доступа : http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31_Korovkin.pdf_26679ca420.pdf.
4. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] / Л. И. Дворкин, И. А. Пашков. – К. : Высшая школа, 1989. – 208 с.
5. ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 7473-94 ; введ. 2012-01-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 16 с.

Получено 16.03.2016

С. І. ЧУРСІН, О. В. ПОЗДНЯКОВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДРІБНОГО ЗАПОВНЮВАЧА, ОДЕРЖУВАНОВОГО З ВІДСІВУ ПОДРІБНЕНОГО БЕТОНУ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Надано аналіз перспективи використання піщаних фракцій з відсіву подрібненого бетону. Вивчені різні фактори впливу на властивості дрібного заповнювача при виробництві бетонів. Виконана оцінка якості дрібнозернистої суміші за гранулометричним складом. Наведено склади дрібнозернистого бетону й обґрунтовано способи підвищення якості дрібного заповнювача. Показано, що піщана фракція з відсіву лому бетону має перспективи застосування в будівництві в якості дрібного заповнювача.

відсів подрібненого бетону, активація цементних структур, водопоглинання, зерновий склад піску, дрібнозернистий бетон

SERGEY CHURSIN, ALEXANDR POZDNYAKOV IMPROVING THE QUALITY OF FINE AGGREGATE OBTAINED FROM CRUSHED CONCRETE SCREENING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Analysis of the prospects for the use of the sandy fractions from the screening of crushed concrete has been given. The various factors influencing the properties of the fine aggregate in the production of concrete have been studied. The estimation of the quality of a mixture of fine-grained particle size distribution has been carried out. The formulations of fine-grained concrete have been given and substantiated ways to improve the quality of fine aggregate have been proved. It has been shown that the sand fraction from the screening of crushed concrete is promising in application in construction as fine aggregate.

crushed scrap concrete, the activation of the cement structures, water absorption ability, sand grain size composition, fine grained concrete

Чурсін Сергій Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: переробка промислових відходів у будівельні матеріали.

Поздняков Олександр Валерійович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: застосування лому бетону як техногенної сировини в якості заповнювача для бетону.

Чурсин Сергей Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: переработка промышленных отходов в строительные материалы.

Поздняков Александр Валериевич – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: применение лома бетона как техногенного сырья в качестве заполнителя для бетонов.

Chursin Sergey – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing of industrial wastes in building materials.

Pozdnyakov Alexandr – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of scrap concrete waste as aggregate for concrete.

УДК 678+691.002.8

В. В. НЕФЕДОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

КОМПОЗИЦИОННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ И ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ

Исследована возможность создания полимерного композиционного материала (ПКМ) с высокой степенью наполнения, в котором используются местные золошлаковые и полимерные отходы: в качестве дисперсного наполнителя – молотая золошлаковая смесь (ЗШС) тепловых электростанций, в качестве полимерной фазы – вторичный полиэтилентерефталат (ВПЭТФ), полученный путем переработки ПЭТ-тары. С этой целью проведен анализ известных механизмов взаимодействия дисперсных наполнителей с полимерной матрицей, определяющих свойства наполненных систем. Установлены основные свойства дисперсных наполнителей, определяющие возможность их применения при создании ПКМ. Получены результаты испытаний прочностных свойств ПКМ, подтверждающие рациональность использования данных отходов в качестве сырьевых компонентов.

полимерные отходы, золошлаковая смесь, полимерный композиционный материал, полиэтилентерефталат, адгезия

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современном материаловедении актуальным является создание армированных пластиков на основе термопластичных матриц. Увеличение спроса на термопластичные связующие связано с их характеристиками: простота изготовления, возможность вторичной переработки, устойчивость к агрессивным воздействиям, высокая скорость технологических циклов, сохранение прочностных характеристик при повышенных температурах [1–3]. Анализ литературных источников показывает, что существующие конструкционные полимерные материалы по ряду показателей (теплостойкость, прочность и др.) не могут удовлетворить потребности строительной индустрии. Большинство из них имеют недостаточно высокую теплостойкость (порядка 100 °С). По этой причине весьма актуальной стала проблема разработки новых композиционных материалов на основе термопластов и нахождения путей применения их в качестве строительных материалов.

Другой важной проблемой является накопление промышленных и твердых бытовых отходов. Использование минеральных и полимерных отходов как сырья для производства строительных материалов является экономически целесообразным и технически оправданным. Однако необходима оптимизация составов полимерно-минеральных композиций для получения эффективных композиционных строительных материалов.

Целью работы является анализ характера взаимодействия между фазами в дисперсно-наполненном полимерном композите, а также изучение влияния содержания молотой золошлаковой смеси на физико-механические свойства композита на основе вторичного полиэтилентерефталата.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Полимерные композиционные материалы представляют собой сложные многокомпонентные системы, формирование свойств которых определяется наличием как минимум двух фаз – полимерной (матрица) и дисперсной (наполнитель), а также разделяющей их поверхности (поверхность раздела фаз) [4]. Таким образом, введение наполнителя (ЗШС) в полимерную матрицу (ВПЭТФ) приводит к возникновению в системе фазовой гетерогенности, вне зависимости от формы и размера частиц наполнителя.

Анализ исследований по наполнению полимеров минеральными дисперсными частицами показывает, что существует ряд свойств наполнителя, соответствие которым является необходимым условием для их использования в данном качестве.

Исследуемый в данной работе композиционный материал с ЗШС в качестве наполнителя имеет дисперсную макроструктуру [5], при такой структуре в полимерной смеси при плотной упаковке дисперсных частиц происходит образование непрерывного пространственного каркаса, в результате некоторые свойства материала становятся как у непрерывного сплошного материала матричной фазы.

Основными свойствами структуры дисперсных композитов согласно [5] являются: форма частиц; размер и распределение частиц по размерам; удельная поверхность частиц (протяженность границы раздела фаз); упаковка частиц; содержание фаз и химический состав. Выбор наполнителя определяется в первую очередь этими характеристиками. Таким образом, данные параметры могут быть применены в качестве требований к наполнителям композиций для производства строительных материалов.

Поверхность раздела фаз является основной характерной особенностью композиционных материалов. Итоговым желаемым результатом проектирования ПКМ является получение устойчивой границы раздела фаз, которая характеризовалась бы хорошей адгезией и распределением напряжений по всей структуре композита [5, 6]. Исходя из источников [5–7] адсорбция полимера на поверхности дисперсной фазы наполнителя является одним из основных процессов, определяющих свойства наполненных систем.

Поверхностный слой – неоднородный тонкий слой определенной толщины и объема, который располагается по обе стороны поверхности, разделяющий две соприкасающиеся объемные фазы, и свойства граничного слоя отличны от свойств полимера в объеме. Строго определить границы поверхностного слоя невозможно из-за его непрерывного перехода в объемную фазу, из-за чего толщина граничного слоя определяется как расстояние, при котором изменение свойств или состава слоя от объемной фазы будет меньше заданной величины. При этом некоторые свойства изменяются при отдалении от середины слоя совершенно по-разному, поэтому толщина поверхностного слоя будет зависеть также от того, по изменению какого свойства она определяется [5, 7].

Гетерогенность наполненных полимерных материалов определяется присутствием дисперсной фазы в полимере и различиями в структуре полимера в граничном слое и в объеме [7]. Структура поверхностного слоя, образующегося в процессе адсорбции, определяет важнейшие механические и физико-химические свойства получаемого композита. В дисперсно-наполненных системах структура поверхностных слоев полимера имеет важное значение для изучения механизма структурообразования. В связи с этим необходимо рассматривать адсорбцию полимеров на границе раздела фаз и конформации адсорбированных цепей.

Наиболее обоснованной теорией адгезии является адсорбционная теория [6, 7], согласно которой адгезия связана с адсорбцией, т. е. с действием межмолекулярных сил на границе раздела. Особенности адсорбции полимеров, в отличие от адсорбции низкомолекулярных веществ, заключаются в переходе на поверхность адсорбента не изолированных молекул, а агрегатов макромолекул и других надмолекулярных образований. При исследовании свойств наполненных полимеров различают адсорбционный слой и поверхностный слой, т. к. первый имеет толщину в несколько молекул, а второй – может быть значительно удален от поверхности.

Адсорбция, определяя физико-химические свойства композитов, также существенно влияет на формирование материалов в процессе их переработки в присутствии твердых тел, таких как наполнители, пигменты и др.

В ходе получения полимерных материалов имеет значение хорошее смачивание твердого тела полимерными молекулами, необходимое для образования прочного адгезионного контакта и высоких параметров физико-механических свойств композита.

В результате адсорбционного взаимодействия молекул полимера с твердым телом на границе раздела уменьшается подвижность цепей в процессе формирования полимерного материала и при его эксплуатации, что ведет к изменению структуры поверхностного слоя, а также изменению температур, при которых в поверхностных слоях происходят структурные и термодинамические переходы [7].

Структурообразование в наполненных полимерах рассматривается с точки зрения формирования в полимере структуры в результате взаимодействия частиц наполнителя друг с другом и с точки зрения структурообразования в полимере с наполнителем. С увеличением количества введенного

наполнителя или уменьшением размера его частиц усиливается роль поверхностных явлений на границе раздела фаз, т. к. вместе с этим увеличивается толщина межфазного поверхностного слоя, обладающего специфическими свойствами [6, 7]. Взаимодействие соприкасающихся фаз в дисперсных системах определяется молекулярно-поверхностными явлениями. Исследования процессов структурообразования показывают, что пространственные структуры образуются под действием Ван-дер-ваальсовых сил, которые связывают частицы наполнителя через тонкие полимерные прослойки [7].

Образование структуры происходит при сближении частиц на малые расстояния, до нескольких молекулярных диаметров, при этом сохраняется тонкий слой непрерывной фазы. При этом осуществляется взаимодействие пространственных структур частиц – дисперсной и полимерной [7]. Если достаточно велика объемная концентрация наполнителя, то полимер адсорбируется в виде пленки на поверхности и сам может образовывать пространственную сетку, которая будет распространяться по всему объему материала, и в этом случае не потребуются для структурирования возникновения рыхлой структуры частиц наполнителя.

На структурообразование могут влиять адсорбционные процессы. Образование адсорбционных слоев полимера на поверхности наполнителя приводит к изменению сил взаимодействия частиц. Адсорбционные слои влекут за собой ослабление взаимодействия поверхностей. В связи с этим структурообразование самого полимера и структурообразование частиц наполнителя взаимосвязаны [5].

В данной работе исследуется полимерный композит, в котором в качестве дисперсного наполнителя используется молотая золошлаковая смесь (ЗШС) тепловых электростанций (размер частиц меньше 0,16 мм), в качестве полимерной фазы – ВПЭТФ, полученный путем переработки ПЭТ-тары.

Исходя из приведенных выше теоретических исследований можно предположить, что на поверхности частиц наполнителя происходит формирование пограничного слоя, представляющего собой пленки ВПЭТФ, причем физические и химические свойства этих тонких пленок отличны от свойств исходного ВПЭТФ в результате взаимодействия с поверхностью наполнителя, что характерно для всех существующих ПКМ.

Смачивание поверхности частиц наполнителя расплавом связующего полимера способствует максимально равномерному распределению их в матрице при наполнении, что снижает структурную неоднородность и возможность агломерации частиц наполнителя.

Для испытания и сравнения прочностных свойств образцов полимерного композита было изготовлено четыре состава с различным содержанием компонентов, что позволило определить влияние соотношения компонентов на свойства материала. Образцы испытывались в соответствии с действующей нормативной документацией на предел прочности при изгибе и сжатии. На основании выполненных испытаний представлены графически зависимости прочностных характеристик исследуемого материала от процентного содержания ВПЭТФ в композите (рис. 1, 2).

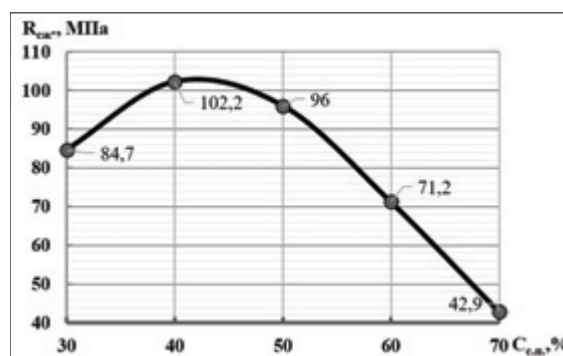


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности при сжатии ($R_{сж}$) от концентрации связующего полимера ($C_{св.}$).

Установлено, что увеличение концентрации наполнителя, введенного в полимер, приводит к увеличению предела прочности при сжатии и изгибе. Это наблюдается при повышении концентрации наполнителя до 60 %. Это согласуется с данными источника [4], где показано, что прочностные свойства наполненных пластиков возрастают с увеличением степени наполнения только до определенного предела, соответствующего предельно упрочненному полимеру в таких поверхностных слоях. Частицы наполнителя являются концентраторами напряжений, что приводит к охрупчиванию полимера при его наполнении свыше данного значения.

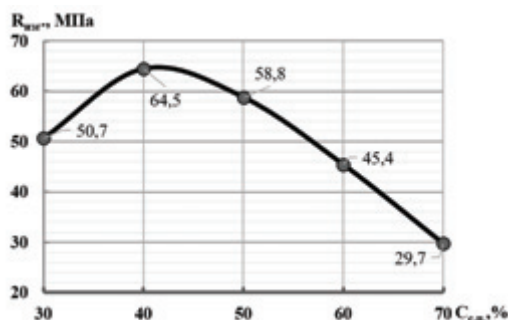


Рисунок 2 – Залежність межної міцності при вигині ($R_{изг.}$) від концентрації зв'язуючого полімера ($C_{сп.}$).

ВЫВОДЫ

Проведен анализ известных механизмов взаимодействия дисперсных наполнителей с полимерной матрицей, определяющих свойства наполненных систем. Получены результаты испытаний прочностных свойств ПКМ на основе отходов (ВПЭТФ и ЗШС). Показано, что предлагаемое решение позволяет создать экономически выгодный строительный материал, а также решить существующую проблему утилизации вышеуказанных отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрова, Г. Н. Конструкционные материалы на основе армированных термопластов [Текст] / Г. Н. Петрова, Э. Я. Бейдер // Российский химический журнал. – 2010. – Т. 54, № 1. – С. 34–40.
2. Термоэластопласты – новый класс полимерных материалов [Текст] / Г. Н. Петрова, Т. В. Румянцева, Д. Н. Перфилова, Э. Я. Бейдер, В. И. Грязнов // Авиационные материалы и технологии. – 2010. – № 4. – С. 20–25.
3. Biron, M. Future prospects for Thermoplastics and Thermoplastic Composites [Текст] / M. Biron // Thermoplastics and Thermoplastic Composites / by Michel Biron. – Second Edition. – Oxford : Elsevier, 2013. – P. 985–1025. – ISBN 978-1-4557-7898-0.
4. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст] : учебное пособие / под ред. А. А. Берлина. – СПб. : Профессия, 2009. – 560 с. – ISBN 978-5-93913-130-8.
5. Наполнители для полимерных композиционных материалов [Текст] : Справочное пособие / Пер. с англ. под ред. Г. С. Каца и Д. В. Милевски. – М. : Химия, 1981. – 736 с.
6. Липатов, Ю. С. Физико-химические основы наполнения полимеров [Текст] / Ю. С. Липатов. – М. : Химия, 1991. – 264 с. – ISBN 5-7245-0453-7.
7. Кулезнев, В. Н. Смеси полимеров (структура и свойства) [Текст] / В. Н. Кулезнев. – М. : Химия, 1980. – 304 с.

Получено 17.03.2016

В. В. НЕФЕДОВ

КОМПОЗИЦІЙНИЙ БУДІВЕЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ І ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Досліджено можливість створення полімерного композиційного матеріалу (ПКМ) з високим ступенем наповнення, в якому використовуються місцеві золошлакові і полімерні відходи: в якості дисперсного наповнювача – мелена золошлакова суміш (ЗШС) теплових електростанцій, в якості полімерної фази – вторинний поліетилентерефталат (ВПЕТФ), одержаний шляхом переробки ПЕТ-тари. З цією метою проведено аналіз відомих механізмів взаємодії дисперсних наповнювачів з полімерною матрицею, що визначають властивості наповнених систем. Встановлено основні властивості дисперсних наповнювачів, що визначають можливість їх застосування при створенні ПКМ. Отримані результати випробувань властивостей ПКМ, що підтверджують раціональність використання даних відходів як сировинних компонентів.

полімерні відходи, золошлакова суміш, полімерний композиційний матеріал, поліетилентерефталат, адгезія

VLADISLAV NEFEDOV

THE COMPOSITE BUILDING MATERIAL MADE OF POLYMER AND ASH WASTES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The possibility of creating a polymeric composite materials (PCM) with a high degree of filling, wherein the raw materials are local ash and plastic wastes was investigated. As a particulate filler – milled ash and slag mixture of thermal power plants, and as a polymer phase – recycled polyethylene terephthalate (rPET), obtained by recycling of PET-containers. For this purpose, we analyzed known interaction mechanisms of a disperse fillers and polymer matrix which define properties of filled systems. Basic properties of dispersed fillers that determine the possibility of their use in the creation of the PCM were found. The results of strength properties tests of PCM which confirming the rationality of using this waste as a raw materials were obtained.

polymer waste, ash and slag mixture, the polymer composite material, polyethylene, adhesion

Нефедов Владислав Васильович – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: особливості патентування, технологія будівельних матеріалів, утилізація промислових і твердих побутових відходів, полімерні композиційні матеріали.

Нефедов Владислав Васильевич – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: особенности патентования, технология строительных материалов, утилизация промышленных и твердых бытовых отходов, полимерные композиционные материалы.

Nefedov Vladislav – assistant, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: features patenting, technology of building materials, recycling of industrial and municipal solid waste, polymer composite materials.

УДК 666.972.16

Е. С. ЛОБОДА, С. В. ЛАХТАРИНА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НА СТЕСНЕННУЮ УСАДКУ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ БЕТОНОВ

Для предотвращения стесненной усадки высококачественных бетонов используется комплекс модификаторов, в частности: суперпластификатор с высоким водоредуцирующим эффектом; расширяющийся компонент на основе оксидов кальция; расширяющая добавка, снижающая поверхностное напряжение воды. Данный комплекс усиливает синергетический эффект каждого продукта, что исключает частично или полностью усадку. Снижается риск быстрого испарения влаги, обусловленный климатическими условиями твердения. Для количественной оценки стесненной усадки бетона использована методика «ring test», согласно ASTM C1581-04 Standard Test Method for Determining Age at Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage.

высококачественный бетон, стесненная усадка, расширяющие добавки, модификаторы

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

По определению, высококачественный бетон (High Performance Concrete) – это материал, который характеризуется надлежащей удобоукладываемостью, высокой прочностью и долговечностью, низким водопоглощением и истираемостью, высокой морозостойкостью и газонепроницаемостью [1].

Согласно [2] основными факторами получения высококачественных бетонов являются: применение высокоактивных цементов с нормированным минералогическим составом (содержание $C_3A \leq 8\%$), фракционированного щебня из прочных горных пород, классифицированного песка со стабильным гранулометрическим составом: $M_k = 2,5...3,2$; предельно низкое водоцементное отношение, обеспечивающее высокую начальную плотность структуры (применение супер-, гиперпластификаторов); применение тонкодисперсных активных минеральных добавок, модифицирующих состав цементного камня и контактной зоны на границе с заполнителем (кремнеземистая пыль и др.); точное дозирование составляющих бетонных смесей; тщательное перемешивание бетонных смесей в смесителях принудительного действия, вибросмесителях или смесителях-активаторах; выбор наиболее эффективных методов уплотнения бетонных смесей, при которых обеспечивается коэффициент уплотнения не ниже 0,99; создание наиболее благоприятных условий и режимов твердения бетона в конструкциях (уход за бетоном).

Следует отметить, что бетоны с низким водоцементным отношением, содержащие тонкодисперсные активные минеральные добавки (зола-унос, микрокремнезем и др.), имеют тенденцию к развитию трещинообразования вследствие усадки, особенно при отсутствии адекватного влажностного ухода при твердении. Причиной развития усадочных деформаций является напряжение в капиллярах, обусловленное обезвоживанием порового пространства бетона в процессе гидратации цемента. Стесненная усадка является явлением, вызванным отрицательным давлением в результате самовысыхания в процессе гидратации цемента, происходящая в замкнутых ограниченных условиях. Данная усадка отражается на поведении бетона таким образом, что по мере испарения воды, потери ее из межкристаллических пространств, происходит уменьшение объема цементного камня во всех слоях бетона. Когда данные напряжения, развивающиеся в бетоне, превышают прочностные показатели, происходит трещинообразование в бетонных конструкциях.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Известно, что в бетонах с низким значением водоцементного отношения в процессе интенсивной гидратации цемента и пуццоланических реакций быстро формируется сеть микрокапилляров. В более крупных капиллярах в результате обезвоживания появляются мениски, имеющие большой радиус кривизны, что обуславливает высокие сжимающие напряжения на стенки пор. Таким образом, дефицит влаги в поровом пространстве твердеющей цементной пасты приводит к развитию усадочных деформаций. При этом в этот период твердеющая система имеет, как правило, минимальное значение величины предела прочности при растяжении, что может привести к образованию микротрещин.

Согласно [3] существует несколько способов предотвращения усадки, в том числе использование расширяющихся и безусадочных цемента, расширяющихся компонентов и добавок, которые снижают усадку. Технология бетона с компенсированной усадкой основана на использовании специальных компонентов, таких как сульфаталюминат кальция или оксид кальция, которые реагирует с водой с эффектом ограниченного расширения в армированных бетонных конструкциях.

Научной школой Mario Collepardi [7, 4, 9] был выявлен синергетический эффект при комбинированном использовании добавки на основе полипропиленгликоля и расширяющегося компонента на основе оксида кальция, на снижение величины усадки даже при отсутствии влажностного ухода.

Целью данной работы является установление закономерностей влияния комплекса модификаторов на показатели стесненной усадки высококачественных бетонов.

Характеристика методов исследования и исходных материалов

Для количественной оценки стесненной усадки бетона использована методика «ring test», согласно ASTM C1581-04 *Standard Test Method for Determining Age at Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage*. Оборудование для проведения испытаний бетона в стесненных условиях, представляет собой: кольцо внешнее – наружный диаметр 300 мм, толщина 20 мм, внутренний диаметр 280 мм и кольцо внутреннее – наружный диаметр 180 мм, толщина 20 мм, внутренний диаметр 160 мм. В полость между кольцами заливается бетонная смесь толщиной в 100 мм, и во внутреннем кольце устанавливаются тензометрические датчики, которые во время испытания будут регистрировать действие бетонной смеси на внутреннее кольцо, сжатие (рис. 1).

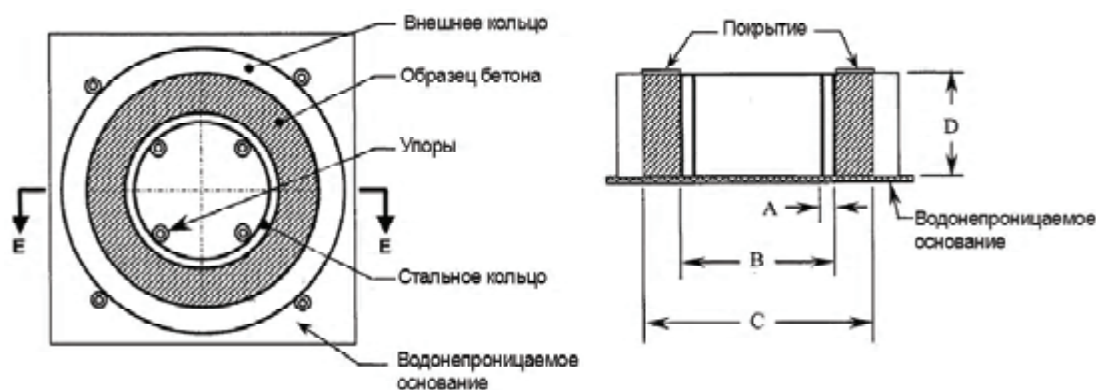


Рисунок 1 – Метод исследования стесненной усадки бетон «ring test».

Бетон подвергается влажностному уходу с использованием влажных опилок, покрытых полиэтиленовой плёнкой. Внешнее кольцо удаляется через 24 ч, верхняя поверхность бетонного кольца парафинируется, чтобы обеспечить высушивание только в радиальном направлении. Регистрация деформаций осуществлялась модулем ввода-вывода «ОВЕН МВ-110-224.4ТД».

Данный метод позволяет определить вероятность трещинообразования в высококачественном бетоне в зависимости от времени появления трещины и уровня напряжения трещинообразования, который снимается с датчиков [4].

При проведении экспериментальных исследований использовались следующие материалы:

- вяжущее вещество: портландцемент Амвросиевского цементного комбината (АЦК) марки ПЦ I-500-Н;
- ультрадисперсная активная минеральная добавка: микрокремнезем Стахановского завода ферросплавов (МК);

- заполнители: щебень (Щ) гранитный фракции 5...10 мм Караньского карьера; песок кварцевый Краснополянского месторождения ($M_k = 2,6$);
- суперпластификатор на основе модифицированного карбоксилатного эфира Melflux 6681F;
- расширяющийся компонент: порошковая неорганическая добавка Expancrete (Mapei);
- добавка, снижающая усадку, на основе полипропиленгликоля Maresure SRA 25 (Mapei).

Свойства модифицированных высококачественных бетонов исследовали на образцах различного состава (табл. 1).

Таблица 1 – Состав и свойства бетонных смесей

№	Название материала/свойство	Расход, кг(л)/м ³		
		Состав 1	Состав 2	Состав 3
1	Портландцемент ПЦ I–500–Н	500	500	500
2	Микрокремнезем	150	150	150
3	Песок кварцевый, $M_k=2,6$	610	610	610
4	Щебень гранитный фракции 5–10 мм	675	675	675
5	Вода, л	155	155	155
6	Суперпластификатор Melflux 6681F, кг	3,75	3,75	3,75
7	Неорганическая добавка Expancrete, кг	–	60	60
8	Добавка, снижающая усадку (Shrinkage Reducing Admixture) Maresure SRA 25, л	–	–	37,9
Фактическая средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³		2 207	2 210	2 223
Подвижность бетонной смеси – осадка конуса, см		24	24	21
Водоцементное отношение		0,31	0,31	0,31

Влияние добавок на усадочные деформации бетона может быть проиллюстрировано данными, приведенными в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2 – Усадочные деформации бетона

Сутки	Значение усадки, $\epsilon \cdot 10^{-3}$		
	Состав 1	Состав 2	Состав 3
1	-0,0742	-0,0421	-0,0377
2	-0,0473	-0,0402	-0,0378
	-0,0458	-0,0407	-0,0380
3	-0,0436	-0,0409	-0,0387
	-0,0422	-0,0411	-0,0385
4	-0,0385	-0,0413	-0,0388
	-0,0407	-0,0416	-0,0387
5	-0,0451	-0,0419	-0,0398
6	-0,0465	-0,0421	-0,0401
7	-0,056	-0,0426	0,0403

Начальное расширение у всех бетонов наблюдается на первые и вторые сутки твердения. В исследуемый образец состава 1 вводится суперпластификатор на основе модифицированного поликарбонатного эфира Melflux 6681F- данная добавка основана на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффектов. Диспергирование частиц цемента происходит в начале гидратации, при этом имеет место хемосорбция молекул пластификатора на поверхности частиц цемента, особенно при повышенном содержании в составе цемента, минерала С3А.

Расширяющая добавка Expancrete позволяет эффективно снизить усадочные деформации, наблюдаемые в бетонном образце. Expancrete в смесь вводят вместе с другими составляющими (цемент, заполнители, вода). Время перемешивания для бетона, содержащего данную добавку, такое же, как для обычного бетона и раствора [8].

Введение данной добавки в бетонную смесь (в количестве 8 % по массе цемента) вызывает расширение цементного камня, увеличение объема твердой фазы, образующейся при гидратации цемента. Влияние комбинированного действия расширяющего компонента на основе оксида кальция – Expancrete (Mapei), уменьшает стесненную усадку и показывает, что компоненты сдерживают остаточные напряжения в раннем возрасте твердения и уменьшают усадку. Но данный синергетический

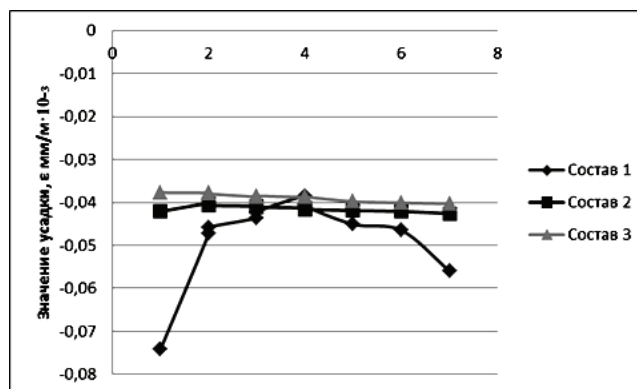


Рисунок 2 – Результаты усадочных деформаций в образцах.

эффект показывает присутствие усадочных напряжений при гидратации цемента в раннем возрасте, которые происходят при недостатке влаги.

Маресиге SRA 25 – расширяющая добавка, снижающая поверхностное напряжения воды, которая содержится в капиллярных порах, и, как следствие, снижается воздействие на стенки пор, обеспечивает прочность поверхности и повышает трещиностойкость материала.

Маресиге SRA используется вместе с Экспанcrete для компенсации усадки, что позволяет бетону расширяться даже при твердении в первые дни без внутреннего и внешнего влажностных уходов [6]. Совместное использование Маресиге SRA и Экспанcrete усиливает эффективность каждого продукта (так называемый синергетический эффект), что исключает частично или полностью усадку. Снижается риск быстрого испарения влаги, обусловленный климатическими условиями твердения.

ВЫВОДЫ

Для предотвращения стесненной усадки высококачественных бетонов используется комплекс модификаторов, в частности: суперпластификатор с высоким водоредуцирующим эффектом; расширяющийся компонент на основе оксидов кальция; расширяющая добавка, снижающая поверхностное напряжения воды. Данный комплекс усиливает синергетический эффект каждого продукта, что исключает частично или полностью усадку. Снижается риск быстрого испарения влаги, обусловленный климатическими условиями твердения. Для количественной оценки стесненной усадки бетона использована методика «ring test», согласно ASTM C1581-04 Standard Test Method for Determining Age at Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Influence of the Superplasticizer Type on the Compressive Strength of Reactive Powder Concrete for Precast Structures [Текст] / S. Collepardi, L. Coppola, R. Troli, P. Zaffaroni // Atti del 16° Congresso Internazionale BIBM'99. – Venice (Italy) : Maggio, 1999. – P. 25–30.
2. Баженов, Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны [Текст] : [науч. изд.] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : Изд-во АСВ, 2006. – 368 с.
3. Collepardi, M. Innovative Concretes for Civil Engineering Structures: SCC, HPC and RPC [Текст] / M. Collepardi // Workshop on New Technologies and Materials in Civil Engineering, 2003 : Proc. – Milan (Italy) : [S. n.]. – P. 1–8.
4. Collepardi, M. Recent Developments in Superplasticizers [Текст] / M. Collepardi, M. Valente // the 8th International Conf. on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, 2006 : Proc. / editor V. M. Malhotra. – Sorrento (Italy) : [S. n.], 2006. – P. 1–14.
5. Mechanism of Actions of Different Superplasticizers for High-Performance Concrete [Текст] / S. Collepardi, L. Coppola, R. Troli, M. Collepardi // High-Performance Concrete. Performance and Quality of Concrete Structures: Atti del Second CANMET/ACI International Conf., 1999 : Proc. – Gramado (Brazil) : [S. n.], 1999. – P. 503–523.
6. Holland, T. C. High-Performance Concrete: As High as It Gets [Текст] / T. C. Holland // The Concrete Producer. – 1998. – Vol. 16, No. 7, July. – P. 501–505.
7. Bentz, D. P. Internal Curing and Microstructure of High-Performance Mortars [Текст] / D. P. Bentz, P. E. Stutzman // Internal Curing of High-Performance Concretes: Laboratory and Field Experiences, SP-256 / D. Bentz and B. Mohr, eds. – Farmington Hills : American Concrete Institute, MI, 2008. – P. 81–90.

8. Bentz, D. P. Reducing Early-Age Cracking in Concrete Today [Текст] / D. P. Bentz, P. Lura, W. J. Weiss // Concrete Plant International. – 2008. – V. 3. – P. 56–62.
9. Weiss, J. Shrinkage Cracking in Restrained Concrete Slabs: Test Methods, Material Compositions, Shrinkage Reducing Admixtures, and Theoretical Modeling [Текст] : MS thesis / J. Weiss ; Northwestern University. – Evanston, IL, 1997. – 138 p.
10. Kovler, K. Restrained Shrinkage Tests of Fibre-Reinforced Concrete Ring Specimens: Effect of Core Thermal Expansion [Текст] / K. Kovler, J. Sikuler, A. Bentur // Materials and Structures. – 1993. – V. 26, No. 4. – P. 231–237.

Получено 18.03.2016

К. С. ЛОБОДА, С. В. ЛАХТАРИНА
ВПЛИВ ДОБАВОК НА СТИСНЕНУ УСАДКУ ВИСОКОЯКІСНИХ БЕТОНІВ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Для запобігання обмеженої усадки високоякісних бетонів використовується комплекс модифікаторів, зокрема: суперпластифікатор з високим водоредуруючим ефектом; розширювальний компонент на основі оксидів кальцію; розширювальна добавка, яка знижує поверхневе напруження води. Даний комплекс підсилює ефективність кожного продукту (так званий синергетичний ефект), що виключає частково або повністю усадку. Знижується ризик швидкого випаровування вологи, обумовлений кліматичними умовами твердіння. Для кількісної оцінки обмеженої усадки бетону використана методика «ring test», згідно ASTM C1581-04 Standard Test Method for Determining Age at Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage.

високоякісний бетон, обмежена усадка, розширююча добавка, модифікатор.

KATERYNA LOBODA, SERHII LAKHTARYNA
EFFECT OF ADMIXTURES ON THE RESTRAINED SHRINKAGE OF HIGH-QUALITY CONCRETE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

To prevent restrained shrinkage of high-quality concrete we use complex modifiers, such as: high water-reducing superplasticizer; expanding component of calcium oxide; expanding agent that reduces the surface tension of water. This complex increases the effectiveness of each product (the so-called synergistic effect), which partially or completely eliminates shrinkage. It reduces the risk of rapid evaporation of moisture due to climatic conditions hardening. To quantify restrained shrinkage technique we used «ring test», according to ASTM C1581-04 Standard Test Method for Determining Age at Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage.

high-quality concrete, restrained shrinkage, modifier, restrained admixtures

Лобода Катерина Сергіївна – асистент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: високоякісні бетони з компенсованою усадкою.

Лахтарина Сергій Вікторович – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: високоміцні легкі бетони.

Лобода Екатерина Сергеевна – ассистент кафедры специализированных информационных технологий и систем Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: высококачественные бетоны с компенсированной усадкой.

Лахтарина Сергей Викторович – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: высокопрочные легкие бетоны.

Loboda Kateryna – assistant, Specialized Information Technology and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high-quality concrete with restrained shrinkage.

Lakhtaryna Serhii – assistant, Technology of Building Constructions, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high-strength light weight aggregate concretes.

УДК 628.316.13

В. В. МАРКИН

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОБИОТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Данная работа посвящена определению оптимального режима введения раствора пробиотического средства «Оксидол» в схеме очистки сточной воды перед первичным отстаиванием. В результате проведенных лабораторных исследований выявлено, что необходимое время подачи пробиотика одной дозой должно быть не менее 4-кратной продолжительности прохождения сточной воды по сооружениям, максимальный процент постепенного снижения дозы – 20 %, предельная минимальная доза «Оксидола», позволяющая сохранить эффективность очистки, – 0,04 мг/дм³. Также установлено, что во время стабильной подачи раствора пробиотика наблюдается увеличение эффективности очистки: по взвешенным веществам и БПК₅ – на 9 %, по АА – на 27,3 %, кроме того, уровень фекального запаха осветленной сточной воды снижается до едва уловимого.

пробиотики, сточная вода, очистка, БПК₅, взвешенные вещества, азот аммонийный

Средства, содержащие пробиотические микроорганизмы (пробиотики), получили широкое распространение в медицине и ветеринарии, благодаря обширному диапазону лечебно-профилактического действия и экологической безопасности [1–3].

Использование пробиотиков в сфере очистки сточных вод сравнительно новое направление, не имеющее значительной изученности. Перспективность пробиотических препаратов для обработки сточной воды подробно описана в работах [4, 5].

Особенностью использования пробиотических препаратов для очистки сточной воды является введение пробиотиков с «высокой» начальной дозы и постепенное пошаговое снижение дозировки до определенного минимума. При этом должно стабильно наблюдаться благоприятное воздействие пробиотика на процессы очистки сточной воды: увеличиваться эффективность очистки, уменьшаться уровень запаха от сточной жидкости и, таким образом, повышаться экологическая безопасность канализационных очистных сооружений в целом.

Однако режим введения отдельного пробиотического препарата зависит как от особенностей самого пробиотика, так и от качества сточной воды, ее температуры.

В данной работе осуществлялось изучение оптимального режима введения одного из наиболее перспективных пробиотических препаратов «Оксидол» (Agranco corp., США) и его влияние на процессы очистки сточных вод в лабораторных условиях.

Для проведения исследований были смонтированы две идентичные проточные установки очистки сточной жидкости: в линию № 1 подавался готовый раствор пробиотика, а в линию № 2 не подавался (контрольная линия).

Для работы установки была установлена емкость для хранения сточной жидкости объемом 50 л. С целью предотвращения выпадения взвешенных веществ в осадок емкость оборудовалась механической мешалкой.

Сточную воду из емкости в установки очистки перекачивали два перистальтических насоса GMS PS 4L ($Q_{\max} = 1,3 \text{ дм}^3/\text{час}$). Количество сточной воды, подаваемой на каждую линию очистки, составляло 167 мл/час.

Каждая установка состояла из первичного вертикального отстойника с поперечной перегородкой и конусом в нижней части для сбора и удаления осадка. Форма первичных отстойников в плане квадратная, объем – 250 мл. Фактическое время отстаивания в них составляло: 250 мл / 167 мл/ч \approx 1,5 часа.

Рабочая глубина модельных отстойников – 10 см. Согласно условию седиментационного подобия 1,5 часа отстаивания в имеющемся лабораторном отстойнике равно 3 часам отстаивания в реальном отстойнике с рабочей глубиной 3 м.

После первичных отстойников осветленные стоки подавались на аэротенки объемом 2 дм³. Так как расход сточной воды составляет 167 мл/час, то время аэрации равнялось 12 часам. Сточная вода в аэротенках аэрировалась с помощью аквариумных компрессоров. На каждый из двух аэротенков воздух подавался одним компрессором. В качестве системы аэрации выступали аквариумные распылители и соединяющие их резиновые трубки.

В конце аэротенков были выполнены илоотделители со взвешенным слоем осадка. Объем илоотделителей составил 175 мл. Рабочая глубина – 7 см, в плане – квадратный (5×5 см). Время пребывания иловой смеси в илоотделителе 175 / 167 = 1,04 часа. По условию седиментационного подобия 1,04 часа отстаивания в лабораторном илоотделителе равно 2,2 часам отстаивания в реальном отстойнике или илоотделителе с рабочей глубиной 3 м.

В верхней части илоотделителей были установлены водосборные металлические трубки с щелью в верхней части для сбора и отвода очищенной воды. После илоотделителей очищенная сточная жидкость поступала в накопительные емкости № 1 и № 2, из которых отбиралась вода на анализ.

Схема установки очистки № 1 с подачей раствора пробиотика представлена на рисунке. Контрольная установка № 2 аналогична первой, но без подачи пробиотика.

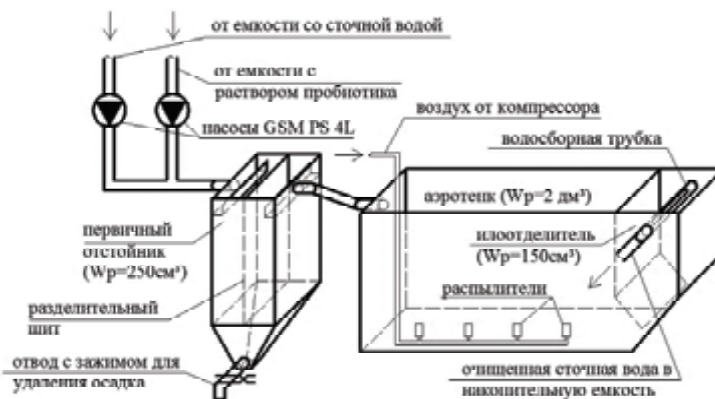


Рисунок – Схема лабораторной установки № 1.

Возможность снижения дозы пробиотического средства возникает в результате размножения бактерий в емкостях очистки и прикреплении (колонизации) их на стенках сооружений. Учитывая слабую адгезионную способность пробиотических бактерий к полимерным пластиковым материалам, для успешного накопления бактерий на стенках емкостей лабораторной установки последние были выполнены (вылиты) из цементного раствора с армированием. К бетонным и цементным поверхностям бактерии успешно прикрепляются и колонизируют их.

Сточную воду и активный ил, используемые в опытах, отбирали на КОС г. Селидово перед первичными отстойниками. Концентрации загрязнений в сточной воде составляли: взвешенные вещества (ВВ) и БПК₅ – 270÷300 мг/дм³, азот аммонийный (АА) – 55÷65 мг/дм³.

На начальном этапе произвели наладку работы установок и добились того, чтобы они работали в одинаковом режиме. Показатели очистки сточной жидкости должны были быть одинаковыми.

Наладка осуществлялась следующим образом. Активный ил (по 650 мл) залили в аэротенки, сточную жидкость – в накопительную емкость, из которой сточная вода подавалась насосами-дозаторами в первичные отстойники, откуда самотеком перетекала в аэротенки.

В качестве определяющих параметров загрязненности жидкости были выбраны: взвешенные вещества и азот аммонийный, так как методика их определения не требует значительного времени. Анализ на БПК₅ по этой же причине был практически исключен. Контрольные измерения БПК₅

проводились три раза на стадии стабильной работы установки. Кроме того, определяли запах сточной воды после первичных отстойников, концентрацию растворенного кислорода в иловой смеси, дозу ила по весу, дозу ила по объему, иловый индекс.

Для проведения эксперимента был выбран температурный режим теплого времени года. За все время проведения опыта температура сточной жидкости находилась на уровне 21...24 °С. Период наладки составлял неделю (со 2 по 8 марта 2015 г.). За указанный интервал времени работа обеих установок была выведена на один уровень. Показатели очистки по взвешенным веществам и азоту аммонийному составляли: ВВ на выходе из первой линии 37 мг/дм³, из второй 38 мг/дм³; АА – 17 и 16 мг/дм³, соответственно.

Концентрация растворенного кислорода составляла: 3,5 мг/дм³ в первой линии и 3,7 мг/дм³ во второй. Доза ила по объему, по весу и иловый индекс были равны в 1-й и 2-й линиях соответственно: 26 и 25 %; 2,3 г/дм³ и 2,4 г/дм³; 113 мл/г и 104 мл/г. Таким образом, работа установок была полностью налажена и подготовлена для проведения опытов.

Предыдущими исследованиями было установлено, что оптимальной начальной дозой пробиотика «Оксидол» в условиях высокой начальной концентрации загрязнений в стоках и «летней» температуры воды является доза 0,3 мг/дм³. Поэтому эта доза была выбрана начальной.

На первой стадии необходимо было определить промежуток времени, в течение которого требуется подавать раствор пробиотика одной дозой, перед тем как ее снижать. Время аэрации в модельных аэротенках составляло около 12 часов. За сутки через установки проходили две разные порции воды. Именно пребывание пробиотиков со сточной водой в двухкратном обмене (или сутки для имеющихся установок) было выбрано начальным интервалом подачи пробиотика постоянной дозой.

Раствор пробиотика начали вводить в линию № 1 9.03.15 г. перистальтическим насосом-дозатором. Анализ воды показал улучшение очистки в первой линии: по взвешенным веществам 16 мг/дм³ на выходе, азот аммонийный – 2,5 мг/дм³.

Через сутки (10.03.15 г.) дозу снизили на 10 % – до 0,27 мг/дм³. При этом процесс очистки в первой линии явно ухудшился: ВВ на выходе 20 мг/дм³, АА – 8 мг/дм³. Опыт показал, что требуется более длительное время подачи пробиотика в неизменной дозе. Это время было увеличено до 4-кратной продолжительности прохождения сточной жидкости по установке очистки (в нашем случае двое суток).

В течение двух суток (11–12.03.2015 г.) пробиотическое средство подавалось в линию № 1 в исходной дозе $d = 0,3$ мг/дм³. За это время отмечено снижение загрязнений на выходе: ВВ – 16 мг/дм³, АА – 2,3 мг/дм³. После чего доза была снижена на 10 % (0,27 мг/дм³), этой дозой стоки обрабатывались еще двое суток (13–14.03.2015 г.). Эффект очистки за это время сохранился: ВВ – 14 мг/дм³, АА – 21,5 мг/дм³. Следующие двое суток (15–16.03.2015 г.) раствор в линию № 1 подавался сниженный на 15 % от предыдущего – 0,23 мг/дм³, 17–18.03.2015 г. снижение дозы составляло 20 % – 0,18 мг/дм³. За время работы (15–18.03.15 г.) эффект очистки сохранялся на достигнутом уровне.

Затем, 19–20.03.15 г. дозу пробиотика снизили на 25 % и она составила 0,135 мг/дм³. При этом показатели выходящей воды ухудшились: ВВ – 26 мг/дм³, АА – 8 мг/дм³.

Таким образом было установлено, что оптимальным является шаг снижения дозы пробиотика – 20 %, а время подачи пробиотика одной дозой – 4-кратное время прохождения сточной воды по сооружениям.

Для подтверждения выявленной закономерности опыт был начат заново, аэротенки опорожнены и активный ил в них заменен. Подачу пробиотика возобновили с начальной дозы 0,3 мг/дм³ и через каждые двое суток снижали на 20 %.

Таким образом, с 21.03.15 г. по 8.04.15 г. дозы пробиотика снижались через каждые двое суток в следующей последовательности: 0,30–0,24–0,19–0,15–0,12–0,095–0,075–0,06–0,05–0,04 мг/дм³. На протяжении указанного времени эффективность очистки в линии № 1 была стабильно увеличена.

Усредненные показатели работы установок за это время приведены в таблице. Взвешенные вещества на входе составляли в среднем 286,5 мг/дм³, на выходе из первой установки – 13,2 мг/дм³ (процент очистки – 95,4 %), из второй 38 мг/дм³ (процент очистки – 86,7 %). Разница в концентрациях между линиями составила около 25 мг/дм³, увеличение эффекта очистки – на 8,7 %.

Азот аммонийный в исходной воде был в среднем 60,6 мг/дм³. На выходе из первой установки – 1,6 мг/дм³ (процент очистки – 97,4 %), из второй – 18,2 мг/дм³ (процент очистки – 70 %). Разница между линиями по выходным концентрациям азота аммонийного – 16,6 мг/дм³, увеличение эффекта очистки по азоту аммонийному – в среднем на 27,4 %.

Таблица – Усредненные показатели исходной и очищенной сточной воды за время стабильной работы установки с 21.03.15 г. по 9.04.15 г.

Показатели		Поступающая вода	Биологически очищенная вода	
Взвешенные вещества	Установка № 1 (с пробиотиком)	мг/дм ³	286,5	
		% снижения	–	
	Установка № 2 (контроль)	мг/дм ³	286,5	
		% снижения	–	
	Разница между линиями, мг/дм ³		–	24,8
	В процентах, %		–	8,7
Азот аммонийный	Установка № 1 (с пробиотиком)	мг/дм ³	60,6	
		% снижения	–	
	Установка № 2 (контроль)	мг/дм ³	60,6	
		% снижения	–	
	Разница между линиями, мг/дм ³		–	16,61
	В процентах, %		–	27,4

Контрольные определения БПК₅ осуществлялись 26.03.15 г., 03.04.15 г. и 08.04.15 г. при дозах пробиотика соответственно 0,19 г/дм³, 0,075 г/дм³ и 0,04 г/дм³. В очищенной воде в линии № 1 26.03.15 г. БПК₅ составило 14 мгО₂/дм³, в линии № 38 мгО₂/дм³, 03.04.15 г. БПК₅ равнялось 13 и 16 мгО₂/дм³ соответственно, 08.04.15 г. – 15 и 39 мгО₂/дм³ соответственно. Контрольные измерения БПК₅ выявили, что этот показатель очистки снижался примерно в такой же степени, как и взвешенные вещества.

Уровень запаха, определяемый в исходной воде и отстаиваемой в первичном отстойнике в линии № 2, находился без изменений и был резкофекальным, четко ощущаемым даже на расстоянии 2...3 м от емкости с жидкостью. В линии № 1 через 2–4 часа с момента подачи пробиотика дозой 0,3 мг/дм³ запах в отстаиваемой воде значительно снижался и ощущался только возле самой поверхности воды. Далее, в моменты снижения эффекта очистки, уровень запаха повышался. Однако за время стабильной работы установки (с 21.03.15 г. по 08.04.15 г.) уровень выделения зловонных запахов от первичного отстойника был стабильно низким. Таким образом, введение пробиотика обеспечило эффективное снижение уровня запаха после первичного отстаивания.

В период 10–11.04.15 г доза пробиотического средства была уменьшена до 0,03 мг/дм³. В результате уменьшения дозы до указанного значения показатели очистки в первой линии значительно ухудшились: ВВ – 22 мг/дм³, АА – 6 мг/дм³.

На следующие двое суток дозу пробиотика увеличили до 0,15 мг/дм³ (50 % от начальной). В результате эффективность очистки в установке № 1 повысилась до прежнего уровня: ВВ – 14 мг/дм³, АА – 1,5 мг/дм³. В следующие сутки подачу «Оксидола» в линию № 1 прекратили. За это время параметры очистки снизились до: ВВ – 25 мг/дм³, АА – 8 мг/дм³.

Затем на двое суток вернулись к прежней дозе 0,15 мг/дм³. Показатели очистки вновь вернулись на прежние уровни: ВВ – 15 мг/дм³, АА – 1,8 мг/дм³.

После этого снова прекратили подачу раствора пробиотического средства, но уже на двое суток. Взвешенные вещества на выходе за это время составили 27 мг/дм³, азот аммонийный – 14 мг/дм³. Следующие двое суток подачу пробиотика возобновили дозой 0,15 мг/дм³. Однако достигнуть прежней эффективности очистки уже не удалось: ВВ на выходе – 23 мг/дм³, азот аммонийный – 11 мг/дм³. На этом эксперимент был завершен.

ВЫВОДЫ

1. Оптимальным «шагом» снижения дозы раствора «Оксидола», не приводящим к уменьшению эффективности очистки, является уменьшение на 20 % от подаваемой дозы, а продолжительность подачи пробиотика одной дозой должна быть не менее 4-х кратного времени прохождения сточной воды по сооружениям.

2. Наименьшая доза подачи «Оксидола», позволяющая сохранить эффективность очистки – 0,04 мг/дм³. При снижении до 0,03 мг/дм³ эффект очистки значительно ухудшается.

3. При подаче пробиотика наименьшей дозой (0,04 мг/дм³) и внезапном прекращении введения раствора пробиотика на время до 2-кратной продолжительности пребывания сточной жидкости в сооружениях, для восстановления полученного эффекта очистки требуется возобновить подачу раствора с 50%-й дозы от начальной (0,15 мг/дм³).

4. В случае прекращения подачи пробиотика на время 4-х кратной продолжительности пребывания сточной воды в сооружениях для достижения необходимой степени очистки потребуется начать режим насыщения заново с начальной дозы – 0,3 мг/дм³.

5. Во время стабильной подачи раствора «Оксидола» наблюдается значительное увеличение эффективности очистки: по ВВ и БПК₅ ~ на 9 %, по АА – на 27,3 %, кроме того, уровень фекального запаха осветленной сточной воды снижается до едва уловимого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пробиотики и механизмы их лечебного действия [Текст] / В. М. Бондаренко, Р. П. Чуприна, Ж. И. Аладышева, Т. В. Мацулевич // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2004. – № 3. – С. 83–87.
2. Гришель, А. И. Пробиотики и их роль в современной медицине [Текст] / А. И. Гришель, Е. П. Кишкурно // Вестник фармации. – 2009. – № 1 (43). – С. 90–93.
3. Рекомбинантные пробиотики: проблемы и перспективы использования в медицине и ветеринарии [Текст] / И. Б. Сорокулова, В. А. Белявская, В. А. Масычева, В. В. Смирнов // Вестник РАМН. – 1997. – № 3. – С. 46–49.
4. Маркин, В. В. Возможности интенсификации очистки городских сточных вод с помощью пробиотических средств [Текст] / В. В. Маркин // Коммунальное хозяйство городов. – 2014. – № 114. – С. 131–135.
5. Насонкина, Н. Г. Предварительная очистка сточных вод с помощью пробиотических средств [Текст] / Н. Г. Насонкина, В. В. Маркин // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin, 2014. – Vol. 16, № 6. – P. 125–133.

Получено 21.03.2016

В. В. МАРКІН ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОБІОТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Дана робота присвячена визначенню оптимального режиму введення розчину пробіотичного засобу «Оксидол» у схемі очищення стічної води перед первинним відстоюванням. У результаті проведених лабораторних досліджень виявлено, що необхідний час подачі пробіотика однією дозою має бути не менше 4-кратної тривалості проходження стічної води по спорудах, максимальний відсоток поступового зниження дози – 20 %, гранична мінімальна доза «Оксидола», що дозволяє зберегти ефективність очищення, – 0,04 мг/дм³. Також встановлено, що під час стабільної подачі розчину пробіотика спостерігається збільшення ефективності очищення: по зважених речовинах і БСК₅ ~ на 9 %, по АА – на 27,3 %, крім того, рівень фекального запаху освітленої стічної води знижується до ледве помітного.

пробиотики, стічна вода, очищення, БСК₅, завислі речовини, азот амонійний

VYACHESLAV MARKIN IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY AND EFFICIENT OPERATION OF SEWAGE TREATMENT PLANTS USING PROBIOTIC AGENTS Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This work is devoted to determining the optimal mode of introduction of the solution of probiotic agents «Oxidol» in the waste water treatment scheme before the primary settling. As a result of revealed laboratory investigations it was found that the necessary time of introduction of probiotic in single dose should be no less than 4 times of the wastewater flowing through the facilities, the maximum percentage of gradual dose reduction – 20 %, limit minimum dose «Oxidol», allows you to keep cleaning efficiency, – 0,04 mg/l. It was established that during stable probiotic introduction increase of efficiency of treatment is observed: for suspended solids and BOD₅ treatment efficiency is increased ~ by 9 %, for ammonia nitrogen – by 27,3 %, in addition, the level of the fecal odor of clarified wastewater is reduced to a barely perceptible.

probiotics, waste water, treatment, BOD₅, suspended solids, ammonia nitrogen

Маркін В'ячеслав Володимирович – магістр; аспірант кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: очищення стічних вод.

Маркин Вячеслав Владимирович – магистр; аспирант кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка сточных вод.

Vyacheslav Markin – Master, post-graduate, Urban Construction and Economy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: wastewater treatment.

УДК 624.131

А. А. ПЕТРАКОВ, Е. О. БРЫЖАТАЯ, Н. С. МАСЛО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ НА ПЛИТНОМ ФУНДАМЕНТЕ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

В статье рассмотрена технология совершенствования устройства регулируемых фундаментов. Приведена схема разработанного устройства по регулированию вертикального положения в пространстве. Разработаны две конечно-элементные модели многоэтажного каркасного здания на плитном фундаменте в программном комплексе SAP2000 и программном комплексе Лира. Исследование включает в себя разработку конечно-элементных моделей здания и анализ полученных результатов на трех этапах: первый этап: модель многоэтажного здания имеет ненарушенное вертикальное положение в пространстве, второй этап: модель многоэтажного здания получила крен 30 см, третий этап: с помощью разработанного устройства (а именно регулирования длины стержня, который моделирует работу устройства), здание имеет верное вертикальное положение в пространстве, крен плиты остался неизменным. Получены данные о напряженно-деформированном состоянии элементов каркасного здания на плитном фундаменте при регулировании вертикального положения в пространстве. Результаты сведены в таблицу и по этим данным сделаны выводы относительно полученных результатов в двух программных комплексах.

регулируемый фундамент, каркасное здание, крен, конечно-элементная модель, SAP2000, Лира, напряженно-деформируемое состояние, плитный фундамент, вертикальное положение здания в пространстве

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современном мире здания становятся все выше и выше. Неравномерные осадки и крены здания, образовавшиеся в процессе его строительства и эксплуатации, могут быть впоследствии полностью или частично ликвидированы с помощью специальных мероприятий. Суть новых методов защиты заключается в использовании специальных устройств. В качестве таких устройств применяются механизмы или специальные конструкции, эффективность которых существенно зависит от регулируемых параметров. Совершенствование технологий устройства регулируемых фундаментов с целью оптимизации их параметров, разработка их новых высокотехнологичных и экономически эффективных конструкций является важной актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Существенный вклад в развитие подъема и выравнивания здания внесли В. Д. Зотов, Ю. И. Пимшин, Ю. К. Болотов, Е. А. Сорочан, Л. Н. Панасюк, М. В. Зотов.

ЦЕЛИ

Получить данные о НДС элементов многоэтажного каркасного здания на плитном фундаменте при регулировании вертикального положения в пространстве. Построить КЭМ здания в ПК Лира и ПК SAP2000. Сравнить данные, полученные в двух ПК.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Краткая сущность исследования: разработка конструкции и технологии устройства регулируемого фундамента многоэтажного железобетонного здания для подъема и выравнивания с помощью

© А. А. Петраков, Е. О. Брыжатая, Н. С. Масло, 2016

разработанного устройства с переменными параметрами, например по высоте. Для этого используется приспособление, которое располагается в технологическом этаже многоэтажного здания. Схема разработанного устройства показана на рис. 1.

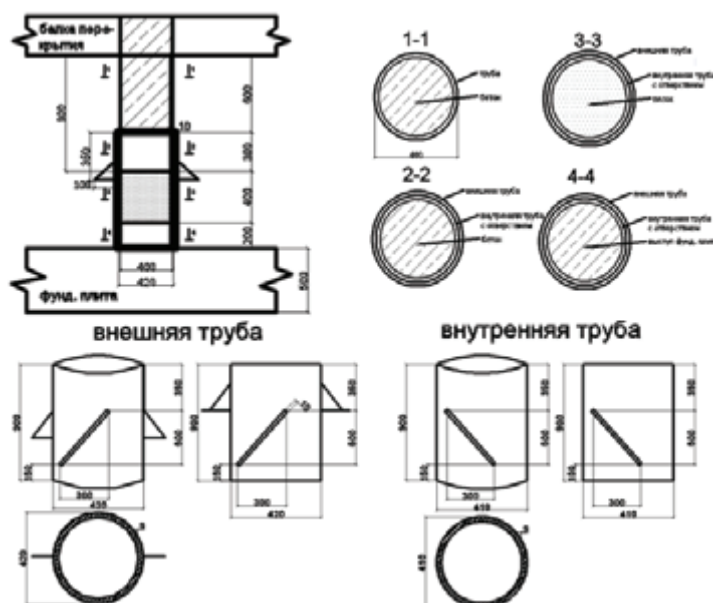


Рисунок 1 – Схема разработанного устройства для исправления кренов сооружений.

Две металлические трубы, внешняя и внутренняя, имеют наклонные отверстия. Внутренняя труба наполнена песком. Со стороны фундамента есть технологический выступ из плиты, который заходит в устройство. С другой стороны колонна опирается на песок во внутренней трубе. Устройство устанавливается при возведении здания в технологическом этаже под каждой колонной. При получении крена зданием и необходимостью регулирования вертикального положения в пространстве необходимо в стороне, противоположной крену, использовать один или несколько приборов. Для этого необходимо с помощью ручек, приваренных к трубе, повернуть внешнюю трубу до пересечения наклонных отверстий на необходимой отметке

Для получения данных о НДС элементов каркасного здания на плитном фундаменте было построено две КЭМ на трех этапах исследования в двух программных комплексах.

В качестве объекта исследования было принято 23-этажное здание с технологическим этажом, в котором размещается исследуемое устройство. Высота типового этажа 3 метра, сетка колонн 3×3 м. Сборный железобетонный каркас здания состоит из поперечных рам, объединенных в пространственную систему плитами перекрытия и покрытия. В состав каркаса входят: фундаментная плита, колонны, ригеля, фундаментные балки, плиты покрытия и перекрытия. Фундамент принят в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 0,5 м. Колонны применены сборные железобетонные прямоугольного сечения с размером сечения 400×400 мм. Плиты перекрытия и покрытия приняты сборные железобетонные многоярусные.

В программных комплексах КЭМ задавались следующим образом: плита смоделирована пластинчатым конечным элементом, толщиной 0,5м. Ригеля и колонны смоделированы стержневым конечным элементом сечением 40×40 мм, материал бетон. Устройство смоделировано стальной трубой диаметром 42 см и толщиной стенки 6,5 мм. Крен на втором этапе задан с помощью нагрузки типа «перемещение», заданной в необходимые узлы фундаментной плиты. На третьем этапе регулирование производится с помощью приложения нагрузки в узел сопряжения устройства и колонны в противоположном направлении крену. Нагрузка предварительно рассчитывается для регулирования вертикального положения здания в пространстве в соответствии с креном, полученным зданием.

На рис. 2 показаны исходная и деформированная схемы модели здания в ПК SAP2000 и ПК Лира на трех этапах исследования. Первый этап: модель многоэтажного здания имеет ненарушенное вертикальное положение в пространстве. Второй этап: модель многоэтажного здания получила крен 30 см. Третий этап: с помощью разработанного устройства (а именно регулирования длины стержня, который моделирует работу устройства), здание имеет верное вертикальное положение в пространстве, крен плиты остался неизменным.

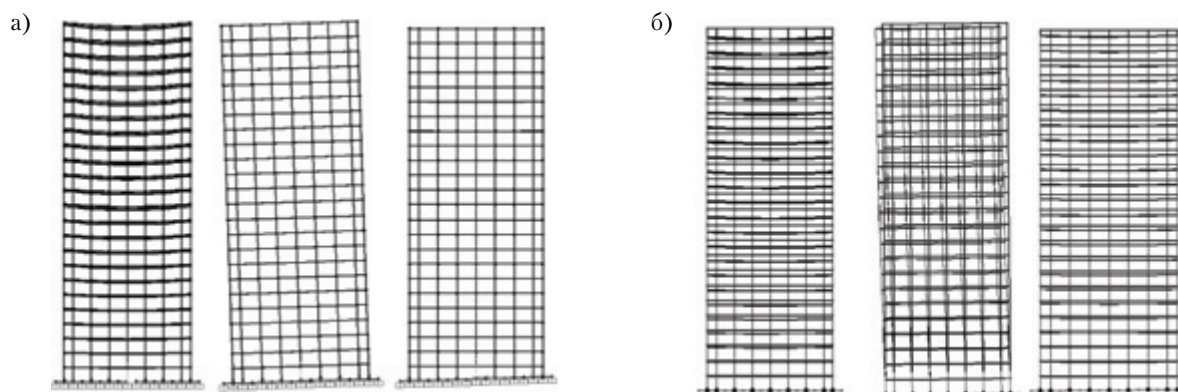


Рисунок 2 – Исходная и деформированная схемы модели здания в: а) ПК SAP2000, б) ПК Лиры.

На рис. 3 показаны эпюры изгибающего момента M_z на всех трех этапах исследования. Как видно из эпюр, на втором этапе исследования происходит перераспределение усилий в элементах каркаса за счет возникновения дополнительных усилий, вызванных поворотом фундамента и здания. На третьем этапе исследования дополнительные усилия в элементах каркаса устранены за счет регулирования вертикального положения в пространстве с помощью разработанного устройства.

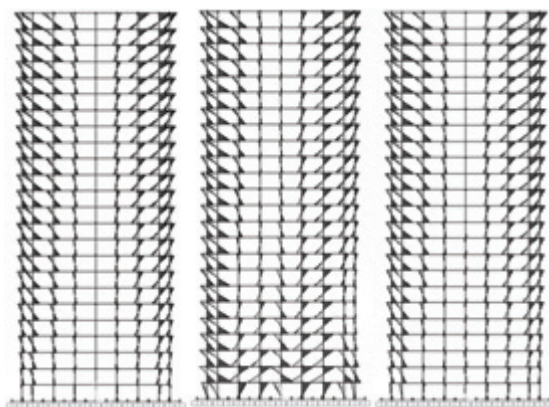


Рисунок 3 – Эпюра M_z , кН·м.

Значения изгибающих моментов M_z и M_y были получены из двух программных комплексов и сведены в таблицу. В данной таблице приведены максимальные и минимальные значения изгибающих моментов на всех трех этапах для двух плоских рам, расположенных в противоположном друг другу направлении.

Таблица – Изгибающие моменты M_z и M_y , полученные в ПК Лиры и ПК SAP2000

	M_z max, кН·м		M_z min, кН·м		M_y max, кН·м		M_y min, кН·м	
	Лиры	SAP2000	Лиры	SAP2000	Лиры	SAP2000	Лиры	SAP2000
Рама 1								
Этап 1	11.92	15.24 (127%*)	-10.47	-13.04(124 %)	16.40	19.4(120 %)	-22.53	-23.66(105 %)
Этап 2	15.9	28.53(179%)	-16.59	-25.33(152 %)	22.65	27.92(120 %)	-27.65	-35.26(127 %)
Этап 3	11.92	16.16(135%)	-10.50	-14.46(138 %)	16.46	16.39(131 %)	-22.57	-25.81(114 %)
Рама 1								
Этап 1	0.25	0.008(3.2%)	-0.24	-0.004(1.67 %)	16.57	23.59(142 %)	-23.01	-30.45(132 %)
Этап 2	17.06	27.05(159%)	-16.57	-33.56(202 %)	18.53	29.6(160 %)	-24.90	-41.77(167 %)
Этап 3	1.13	0.074(7%)	-1.07	-0.98(92 %)	16.89	25.89(153 %)	-23.00	-36.53(158 %)

* **Примечание:** В таблице за 100 % приняты значения изгибающих моментов, полученные в ПК Лиры.

ВЫВОДЫ

Таким образом, сравнительный анализ усилий в элементах каркаса многоэтажного здания на плитном фундаменте показал следующие результаты: в среднем значения усилий в элементах каркаса на втором этапе превосходят усилия на первом этапе 50 % (как в ПК Ли́ра, так и в ПК SAP2000); значения усилий уменьшаются на третьем этапе исследования по сравнению со вторым этапом исследования и достигает значений усилий на первом этапе с разницей в 5...10 % (как в ПК Ли́ра, так и в ПК SAP2000). Сравнительный анализ полученных усилий в программных комплексах показал, что изгибающие моменты M_z и M_y в среднем больше в ПК SAP2000 на 20...25 % по сравнению с ПК Ли́ра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зотов, М. В. Выравнивание многоэтажных зданий в условиях сейсмических воздействий [Текст] / М. В. Зотов // Основания, фундаменты и механика грунтов / НИИОСП. – М., 2003. – № 4. – С. 127.
2. Подъем и выравнивание аварийных зданий [Текст] / Ю. К. Болотов, В. И. Гапеев, В. Д. Зотов, М. В. Зотов, О. И. Лобов // Промышленное и гражданское строительство. – М., 1999. – № 2. – С. 16.
3. Коновалов, П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий [Текст] / П. А. Коновалов. – М.: Бумажная галерея, 2000. – 320 с.
4. Опыт выравнивания зданий с помощью домкратов [Текст] / Ю. К. Болотов, В. Д. Зотов, М. В. Зотов, Л. Н. Панасюк, Е. А. Сорочан // Основания, фундаменты и механика грунтов / НИИОСП. – М., 2002. – № 5. – С. 39.

Получено 21.03.2016

О. О. ПЕТРАКОВ, К. О. БРИЖАТА, М. С. МАСЛО НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСНОГО БУДИНКУ НА ПЛИТНОМУ ФУНДАМЕНТІ ПРИ РЕГУЛЮВАННІ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ У ПРОСТОРІ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглянута технологія вдосконалення пристрою регульованих фундаментів. Наведено схему розробленого пристрою регулювання вертикального положення у просторі. Розроблено дві кінцево-елементні моделі багатопверхового каркасного будинку на плитному фундаменті у програмному комплексі SAP2000 і програмному комплексі Лі́ра. Дослідження включає в себе розробку кінцево-елементних моделей будівлі і аналіз отриманих результатів на трьох етапах: перший етап: модель багатопверхового будинку має непорушене вертикальне положення в просторі, другий етап: модель багатопверхового будинку отримала крен 30 см, третій етап: з допомогою розробленого пристрою (а саме регулювання довжини стержня, який моделює роботу пристрою), будівля має вірне вертикальне положення в просторі, крен плити залишився незмінним. Отримано дані про напружено-деформований стан елементів каркасного будинку на плитному фундаменті при регулюванні вертикального положення у просторі. Результати зведені в таблицю і за цими даними зроблені висновки щодо отриманих результатів в двох програмних комплексах.

регульований фундамент, каркасний будинок, крен, кінцево-елементна модель, SAP2000, Лі́ра, напружено-деформований стан, плитний фундамент, вертикальне положення будівлі в просторі

ALEXANDER PETRAKOV, EKATERINA BRYZHATA, NIKOLAY MASLO STRAIN-STRESS STATE OF ELEMENTS OF THE FRAME IN THE BUILDING ON SLAB FOUNDATION IN THE PROCESS OF REGULATION THE VERTICAL POSITION IN EXTENSION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article considers the technology improved technology device controlled foundations. The scheme, developed device to regulate the vertical position extension has been given. Two finite- element models of multi-storey frame building on a slab foundation in the software package SAP2000 and software Lear was developed. The study includes the development of finite- element model building and analysis of the results obtained in three stages: the first stage: a model of multi-storey building has an unbroken vertical position in extension, the second stage: the model of multi-storey buildings had tilt of 30 cm, the third step: using the developed device (namely the length of the bar control that simulates the operation of the device), the building has the correct vertical position in extension, the tilt of the slab foundation remained unchanged. The data on the stress-strain state of the elements of the frame in the building on the slab foundation in the

process of regulation the vertical position in extension. The results are tabulated and are made according to these findings on the results obtained in two program complexes.
adjustable foundation, frame building, tilt, finite-element model, SAP2000, Lira, stress-strain state, slab foundation, the vertical position of the building in extension

Петраков Александр Александрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри основ, фундаментів і підземних споруд Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: теорія взаємодії споруд з основою, що деформується, в тому числі на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах; розробка і дослідження фундаментів підвищеної несучої здатності і методів їх розрахунку на основі гіпотез нелінійної геомеханіки і теорії будівельних конструкцій.

Брижата Катерина Олегівна – аспірант, викладач-стажист кафедри основ, фундаментів і підземних споруд Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: конструкції із змінними параметрами для виправлення кренів споруд.

Масло Микола Сергійович – здобувач, асистент кафедри основ, фундаментів і підземних споруд Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: конструкції підпірних стін. Особливості визначення навантажень на підпірні стіни.

Петраков Александр Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой оснований, фундаментов и подземным сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: теория взаимодействия сооружений с деформирующимся основанием, в том числе на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах; разработка и исследование фундаментов повышенной несущей способности и методов их расчета на основе гипотез нелинейной геомеханики и теории строительных конструкций.

Брижата Екатерина Олеговна – аспирант, преподаватель-стажер кафедры оснований, фундаментов и подземным сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: конструкции с изменяемыми параметрами для исправления кренов сооружений.

Масло Николай Сергеевич – соискатель, ассистент кафедры оснований, фундаментов и подземным сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: конструкции подпорных стен. Особенности определения нагрузок на подпорные стены.

Petrakov Alexander – D.Sc. (Eng.), Professor, Head of the Grounds, Foundations and Underground Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theory of interaction of structures with deformable base, including undermined territories and collapsible soils; Development and research foundations increased carrying capacity and methods of calculating them based on the hypothesis of nonlinear geomechanics and theory of building structures.

Brizhata Ekaterina – post-graduate student, teacher-trainee, Grounds, Foundations and Underground Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: structure with variable parameters for correcting rolls facilities.

Maslo Nikolay – researcher, Assistant, Grounds, Foundations and Underground Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the design of retaining walls. Specifics of determining loads on the retaining walls.

УДК 624.014:725

И. М. ГАРАНЖА, А. В. ТАНАСОГЛО, С. Н. БАКАЕВ, Э. А. ЛОЗИНСКИЙ, С. А. ФОМЕНКО

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассматриваются перспективы применения трубобетонных конструкций на основе металлических многогранных стоек для опор воздушных линий электропередачи (ВЛ). В качестве заполнителя ствола опор возможно применять самоуплотняющиеся бетонные смеси с суперпластификаторами вместо классического тяжелого бетона. Приводятся результаты предварительного технико-экономического анализа применения трубобетонных стоек для опор воздушных линий.

воздушная линия, трубобетонные конструкции, многогранная стойка, бетонная смесь

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Давно известные железобетонные, деревянные и металлические решетчатые опоры, а также со сравнительно недавнего времени и опоры на основе металлических многогранных стоек имеют свои достоинства и недостатки как конструктивные, так и экономические. В связи с чем перед проектировщиками постоянно стоит вопрос о применении тех или иных проектных решений. Кроме того, все большую актуальность приобретают вопросы надежности и долговечности, которые определяют эффективность работы современных ВЛ и стабильность передачи электроэнергии потребителям.

Безусловно, решение вышеупомянутой задачи невозможно без широкого использования на ВЛ новых технологий и материалов таких, как трубобетонные конструкции, т. к. современные технические требования к конструкциям нового поколения предусматривают повышение сроков службы, снижение трудоемкости строительства и затрат на их эксплуатацию.

ОСОБЕННОСТИ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Использование новых технологий и материалов на ВЛ в данной статье означает применение трубобетонных конструкций на основе уже апробированных на практике металлических многогранных стоек [1]. Возможные конструктивные решения трубобетонных опор:

- а) металлический многогранный ствол опоры ВЛ, заполненный бетоном (рис. 1);
- б) решетчатая сталебетонная опора: пояса и решетка из прямоугольных или круглых труб, заполненных бетоном (рис. 2).

Перспективность применения трубобетона в электросетевом строительстве в первую очередь связана с их конструктивными особенностями, которые выражаются в сочетании достоинств и недостатков совместной работы двух материалов: стали и бетона [2].

В качестве наиболее возможного недостатка трубобетонных опор, наверное, следует выделить снижение их гибкости, особенно в сравнении с опорами на основе металлических МГС, что в свою очередь может отразиться на качестве их работы в аварийных режимах (при обрыве провода или грозозащитного троса).

Очень важной особенностью трубобетонных конструкций в целом и для электросетевых конструкций в частности является их изготовление (технология бетонирования). Рассматривая в качестве базиса МГС, имеющих форму усеченного конуса, можно сделать вывод о практической невозможности их бетонирования в заводских условиях. Поэтому на сегодняшний день единственным

© И. М. Гаранжа, А. В. Танасогло, С. Н. Бакаев, Э. А. Лозинский, С. А. Фоменко, 2016

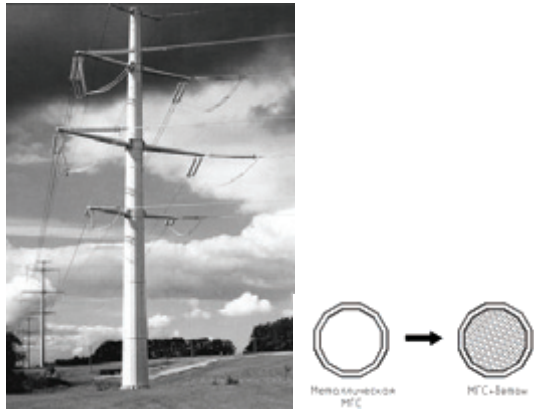


Рисунок 1 – Опора на основе МГС ВЛ 220 кВ с перспективной модификации в трубобетонную стойку.

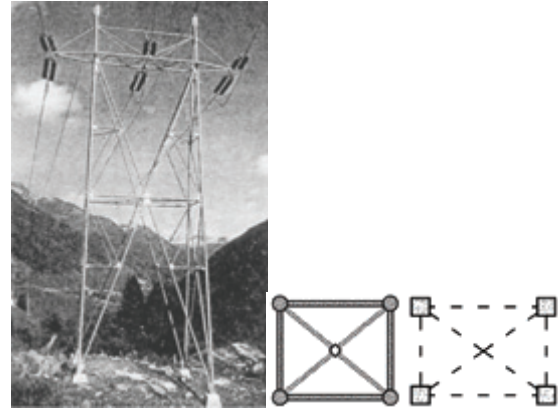


Рисунок 2 – Решетчатая опора ВЛ 150 кВ из трубобетонных элементов (CFST).

возможным вариантом изготовления трубобетонных опор ВЛ является их непосредственное бетонирование в процессе монтажа [3, 4].

В качестве достоинств предлагаемого материала следует выделить: качественное заполнение внутренней полости МГС; отсутствие необходимости в вибрировании при монтаже; снижение сроков строительства.

В зависимости от высотных характеристик конструкций опор технологические схемы их бетонирования подразделяются на бетонирование целиком смонтированного ствола из МГС для опор высотой до 10 м (рис. 3а) и посекционное бетонирование для опор высотой свыше 10 м (рис. 3б).

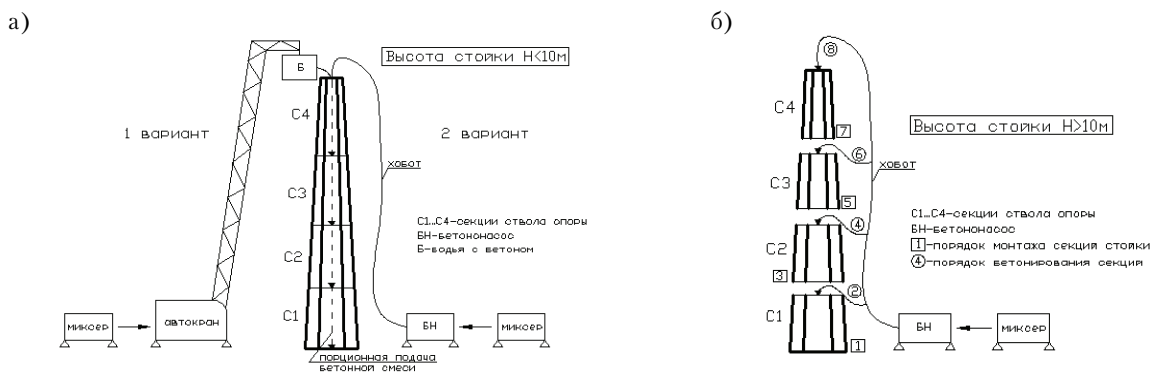


Рисунок 3 – Способы бетонирования ствола опоры: а) при высоте стойки $H \leq 10$ м; б) при высоте стойки $H > 10$ м.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ ОПОР

Естественно, что когда речь заходит о перспективности применения новых конструкций, то необходимо обоснование не только их технической состоятельности для применения их, особенно в стратегическом классе конструкций как опоры ВЛ, а и их экономической целесообразности.

В первом приближении технико-экономическое сравнение выполнено по критериям материалоемкости и стоимости изготовления конструкций для нескольких типов стоек под опоры ВЛ. Все рассматриваемые варианты принимались с одинаковыми геометрическими параметрами (высоты и поперечного сечения).

Для сравнения приняты следующие варианты:

- бетонная центрифугированная стойка СК22 (тип 1);
- металлическая многогранная стойка (тип 2);
- МГС с самоуплотняющейся смесью (тип 3);
- МГС «кольцо в кольце» с самоуплотняющейся смесью (тип 4).

При расчете вышеупомянутых технико-экономических критериев приняты расценки заводов-изготовителей в гривнах по состоянию на 15.12.2013 года (табл.).

Таблица – Сравнительные технико-экономические характеристики стоек

Тип стоек	Необходимая толщина стенки, мм	Марка стали, класс бетона	Материалоемкость		Стоимость изготовления, грн.	$\Delta_{\text{теж}}$, %
			сталь, кг	бетон, м ³		
1	–	B40 BСт3	571,1	2,517	20 000	–
2	3...6	C245	1 491,6	–	29 920	33,1
3	3...4	C245 B12,5	0,91	4,98	21 470	6,8
4	2	C245 B12,5	1 938,9	1,63	39 862	100

Сравнение показало:

- применение трубобетонных стоек любого типа существенно снижает металлоемкость конструкции;
- для конструкции типа 3 снижение металлоемкости сопровождается абсолютно незначительным удорожанием в сравнении с железобетонной стойкой СК-22 и ощутимым удешевлением в сравнении с пустотелым МГС;
- для конструкции типа 4 при значительном снижении металлоемкости (\approx в 3 раза) происходит существенное удорожание в сравнении с остальными конструктивами (\approx в 2 раза).

ВЫВОДЫ

Предлагаемые трубобетонные решения опор на основе МГС позволяют создать базу для модификации воздушных линий в городских и промышленных районах. Использование самоуплотняющихся бетонных смесей в качестве заполнителя опор ВЛ позволит сократить трудоемкость и стоимость их монтажа и соответственно повысить качество конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eggemann, H. Simplified Design of Composite Columns, Based on a Comparative Study of the Development of Building Regulations in Germany and the United States [Текст] / H. Eggemann // Industrial Journal. – Berlin, 2003. – No. 2. – P. 11–23.
2. Стороженко, Л. І. Сталезалізобетонні конструкції [Текст] / Л. І. Стороженко, О. В. Семко, В. Ф. Пенц. – Полтава : ПолНТУ, 2005. – 182 с.
3. Зайченко, Н. М. Тонкозернистая сухая бетонная смесь наливного типа с комбинированным органо-минеральным модификатором на основе отходов промышленности [Текст] / Н. М. Зайченко, В. Н. Губарь, Е. А. Белый // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2011. – Вип. 2011-1(85). – С. 63–72.
4. Зайченко, Н. М. Самоуплотняющиеся бетоны, дисперсноармированные полимерными волокнами [Текст] / Н. М. Зайченко, С. В. Лахтарина // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2011. – Вип. 22. – С. 63–70.

Получено 01.03.2016

**І. М. ГАРАНЖА, А. В. ТАНАСОГЛО, С. М. БАКАЄВ, Е. О. ЛОЗИНСЬКИЙ,
С. О. ФОМЕНКО**

**ЗАСТОСУВАННЯ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ В
ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕВОМУ БУДІВНИЦТВІ**

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглядаються перспективи застосування трубобетонних конструкцій на основі металевих багатограничних стояків для опор повітряних ліній електропередавання (ПЛ). Як заповнювач стовбура опор можливо застосовувати бетонні суміші із суперпластифікаторами, що самоущільнюються, замість класичного важкого бетону. Наведено результати попереднього техніко-економічного аналізу застосування трубобетонних стояків для опор повітряних ліній.

повітряна лінія, трубобетонні конструкції, багатограничний стояк, бетонна суміш

IGOR GARANZHA, ANTON TANASOGLO, SERGII BAKAYEV, EDUARD
LOZINSKYI, SERAFIM FOMENKO
APPLICATION OF PIPE-CONCRETE STRUCTURES IN THE POWER GRID
CONSTRUCTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In article it has been considered application prospects composite structures on basis steel polygonal poles basis for supports of overhead power transmission lines (OPTL). As a trunk filler of supports we can probably apply self-condensed concrete mixes with superplasticizers instead of a classical concrete. Results of the preliminary technical - economic analysis of application composite poles for OPTL supports have been given.
overhead power transmission line, pipe-concrete structures, polygonal pole, concrete mix

Гаранжа Ігор Михайлович – к. т. н., доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих, багатограних листових і трубобетонних опор повітряних ліній електропередавання (ПЛ). Створення нових конструктивних рішень опор ВЛ із застосуванням прогресивних технологій і матеріалів.

Танасогло Антон Володимирович – к. т. н., доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність та оптимальне проектування конструкцій повітряних ліній електропередачі та антенних опор. Вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих конструкцій баштового типу.

Бакаєв Сергій Миколайович – к. т. н., доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: забезпечення надійної роботи і довговічності конструкцій опор повітряних ліній, порталів і стійок під обладнання відкритих розподільчих пристроїв електричних підстанцій в умовах підвищення потужностей енергоспоживання та з урахуванням умов і відмінностей їх експлуатації, проектування конструкцій з гарантованими показниками довговічності.

Лозинський Едуард Олександрович – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри архітектури промислових і цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, удосконалення методик моделювання натурних і модельних випробувань будівель та споруд на вітрове навантаження.

Фоменко Серафим Олександрович – магістр будівництва, асистент кафедри теоретичної і прикладної механіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток загальної методики динамічних розрахунків елементів будівельних конструкцій та пошук раціональних способів гашення коливань.

Гаранжа Ігорь Михайлович – к. т. н., доцент кафедри металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение действительной работы металлических решетчатых, многогранных листовых и трубобетонных опор воздушных линий электропередачи. Создание новых конструктивных решений опор ВЛ с применением прогрессивных технологий и материалов.

Танасогло Антон Владимирович – к. т. н., доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: эксплуатационная надежность и оптимальное проектирование конструкций воздушных линий электропередачи и антенных опор. Изучение действительной работы металлических решетчатых конструкций башенного типа.

Бакаев Сергей Николаевич – к. т. н., доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: обеспечение надежной работы и долговечности конструкций опор воздушных линий, порталов и стоек под оборудование открытых распределительных устройств электрических подстанций в условиях повышения мощностей энергопотребления и с учетом условий и различий их эксплуатации, проектирования конструкций с гарантированными показателями долговечности.

Лозинский Эдуард Александрович – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натурных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

Фоменко Серафим Александрович – магистр строительства, ассистент кафедры теоретической и прикладной механики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие общей методики динамических расчетов элементов строительных конструкций и поиск рациональных способов гашения колебаний.

Garanzha Igor – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of the valid work steel trellised, polygonal and composite supports of overhead power lines. Creation new constructive decisions of OHPL supports with application progressive technologies and materials.

Tanasoglo Anton – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability and optimal design of overhead power transmission line and antenna support structures. Studying of the valid work of metal lattice tower supports.

Bakayev Sergii – Ph.D. (Eng.), Associate Professor; Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliable operation supply and durability of the transmission line supports structures, portal frames and pillars underneath the equipment of outdoor switchgears of electric substation in terms of the power consumption stepping up and with regards to the conditions and distinctions of their operation, structural designing work with the guarantee indices of durability.

Lozinskyi Eduard – Ph.D. (Eng.), Associate Professor; the Head of the Architecture of Industrial and Civil Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of method estimation of wind effects on buildings, construction and their complexes, perfection of methods modelling of full scale and modelling tests of wind loads on buildings and structures.

Fomenko Serafim – Master in Engineering, assistant, Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of the general dynamic design technique of building structure elements and search for the rational ways of vibration damping.

УДК 728.5:711.168

А. М. ЮГОВ, И. Г. ПАВЛОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС УСТРОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРА 50.000 М³

Представленная статья посвящена вопросам, которые связаны с технологическими процессами устройства теплоизоляционной защиты наземных резервуаров РВС для хранения нефти и нефтепродуктов. Теплоизоляционная защита резервуаров может выполняться только на стенке или на стенке и стационарной крыше, что необходимо учитывать при выборе технологического процесса.

резервуар, нефть и нефтепродукты, теплоизоляция, технологический процесс, технико-экономические показатели

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Исследование ученых в области организации строительного производства позволило обратить внимание на выявление основных закономерностей, влияющих на процесс устройства теплоизоляционной защиты резервуаров, исследование технологических процессов и полный типологический анализ для дальнейших научно-практических исследований.

Вязкие нефтепродукты должны храниться в резервуарах, имеющих теплоизоляционное покрытие и оборудованных средствами подогрева, которые обеспечивают сохранение качества нефтепродуктов и пожарную безопасность [1]. Теплоизоляция резервуаров выполняется с целью обеспечения относительного постоянства температуры выше уровня кристаллизации содержимого ёмкости в течение суток при колебаниях температуры наружного воздуха, избежания промерзания стенок сооружения и образования на них конденсата в холодный период года, стабильности и безопасности производственного процесса.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Заявленная статья основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области теплоизоляции зданий и сооружений, указаниях по обследованию производственных зданий и сооружений тепловых электростанций, подлежащих реконструкции [2], правилах устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [3] и нормах их проектирования.

ЦЕЛИ

Определение наиболее рационального и экономически эффективного технологического процесса теплоизоляционной защиты стального резервуара объемом 50.000 м³.

1. Конструктивные решения устройства теплоизоляции резервуара 50.000 м³

При разработке проекта теплоизоляции должны приниматься во внимание следующие аспекты взаимодействия конструкций резервуара и элементов изоляции:

- нагрузка на элементы резервуара от собственного веса теплоизоляции;
- ветровая нагрузка и ее восприятие собственно изоляцией и стенкой резервуара;
- разница тепловых перемещений стенки и наружных элементов изоляции;

– нагрузка на элементы изоляции от радиальных перемещений стенки при гидростатической нагрузке;

– нагрузка на элементы стационарной крыши (не имеющей теплоизоляции) от резкого охлаждения настила, например, в случае дождя [3].

В качестве утеплителя для выполнения теплоизоляции стального резервуара могут применяться плиты из минеральной ваты, различных засыпной материал – керамзит, пенополистирол, пеностекло, напыляемый материал – пенополистирол, пенополиуретан, вспененный каучук, лакокрасочный изоляционный материал, диатомовая скорлупа. Наружная обшивка должна выполняться из алюминевых или оцинкованных стальных профилированных листов, кирпича.

2. Технологический процесс устройства теплоизоляции резервуара 50.000 м³

Метод производства строительно-монтажных работ по технологии устройства теплоизоляции стального вертикального резервуара – поточный. В исключительных случаях возможно применение последовательного и параллельного методов.

Поточный метод обеспечивает равномерный, ритмичный выпуск готовой строительной продукции на основе непрерывной и равномерной работы трудовых коллективов (бригад, потоков) неизменного состава, снабженных современной и комплектной поставкой всех необходимых материально-технических ресурсов. Для поточного метода характерно:

1. Расчленение работы на составляющие процессы в соответствии со специальностью и квалификацией исполнителей.

2. Расчленение фронта работ на отдельные участки для создания наиболее благоприятных условий работ отдельным исполнителем.

3. Максимальное совмещение процессов во времени [4].

При последовательном методе строительства предполагается максимальная продолжительность работ. Уровень потребления ресурсов будет минимальным, а длительность потребления – максимальной. Каждый из видов ресурсов будет участвовать кратковременно, так как в процессе устройства теплоизоляции резервуара периодически требуются рабочие разных специальностей, различные машины, механизмы и материалы. Неизбежны также простои машин и потери времени на их перебазировку [4].

Параллельный метод обеспечивает минимальную продолжительность, так как срок проведения работ равен сроку устройства теплоизоляции резервуара в целом. Однако здесь, так же как и при последовательном методе, вид и количество потребляемых ресурсов постоянно изменяется в зависимости от периода строительства. При параллельном методе одновременно начинается и заканчивается устройство теплоизоляции разных частей резервуара.

Возможные варианты технологического процесса по устройству теплоизоляции стального вертикального резервуара:

1. По слоям.

2. Захватками (по частям).

При устройстве теплоизоляции резервуара по слоям, к монтажу конструкций каждого очередного слоя необходимо приступать только после окончания монтажа конструкций предыдущего слоя. Монтаж одного горизонтального слоя можно считать завершенным, если установлены полностью все конструкции по периметру резервуара.

Захватка – это часть резервуара, объемы работ по которой выполняются бригадой (звеном) постоянного состава с определенным ритмом, обеспечивающим поточную организацию строительства объекта в целом. Разбивку резервуара на захватки производят с учетом обеспечения необходимой устойчивости и пространственной жесткости несущих конструкций в условиях их самостоятельной работы в пределах захватки. Необходимо, чтобы границы захваток совпадали с конструктивным членением резервуара температурными и осадочными швами, что обеспечивает возможность прекращения и возобновления работы без нарушения технических условий работы резервуара.

3. Обоснование рациональности технологического процесса устройства теплоизоляции резервуара 50.000 м³

После технологической увязки работ возникает вопрос о их корректировке по времени и трудовым ресурсам. Оптимизация потока за счет уменьшения интенсивности отдельных видов работ не требует дополнительных ресурсов, а наоборот, высвобождает их [5]. Из существующих методов оптимизации строительных потоков, наиболее рациональными для устройства теплоизоляции данного резервуара являются следующие:

1. Перераспределение трудовых ресурсов – т. е. перевод бригад (звеньев, рабочих), занятых на работах, имеющих резервы времени, на работы, которые не имеют таких резервов. Этим способом достигается сокращение продолжительности строительства без привлечения дополнительных ресурсов.

2. Изменение очередности освоения фронтов работ в неритмичных потоках. Данный метод оптимизации не требует дополнительных ресурсов.

3. Совмещение технологических процессов во времени, т. е. разбивка общего фронта работ на частные (или их увеличение) и выполнение этих работ поточным методом. Такой способ оптимизации может потребовать дополнительных трудовых и материально-технических ресурсов. Используется методика В. А. Афанасьева.

Основываясь на полученных расчетных данных, можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальным вариантом работ для заданных условий строительства является вариант организации работ с непрерывным использованием ресурсов [5].

ВЫВОДЫ

Научные исследования показали, что организация поточного строительства требует больших усилий как в процессе планирования потока, так и в ходе его реализации. Исходя из научно-практических данных определено, что четкая организация поточного строительства позволит снизить трудоемкость работ на 15...20 %, а себестоимость на 2...3 %. Поточный метод, сохраняя соответствующие преимущества последовательного и параллельного способов, позволяет избежать их недостатков – продолжительность работ будет меньше, чем при последовательном, но и интенсивность потребления ресурсов окажется меньше, чем при параллельном методе. В дальнейших исследованиях предполагается изучить вопросы поиска рациональных способов организации работ с применением математических методов оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту [Текст] / Разработчики: Г. К. Лебедев, В. Г. Колесников, Г. Е. Зиканов [и др.]. – М. : Недра, 1988. – 258 с.
2. СО 153-34.21.363-2003. Методические указания по обследованию производственных зданий и сооружений тепловых электростанций, подлежащих реконструкции [Текст] / министерство энергетики Российской Федерации. – М. : ЦПТИТО ОРГРЭС, 2005. – 28 с.
3. ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Текст] / Госгортехнадзор России. – М. : ПИО ОБТ, 2003. – 170 с.
4. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства [Текст] : Учеб. для строит. ВУЗов / Л. Г. Дикман. – М. : АСВ, 2002. – 512 с.
5. Соболев, В. И. Оптимизация строительных процессов [Текст] / В. И. Соболев. – Ростов н/Д. : Феникс, 2006. – 256 с.

Получено 02.03.2016

А. М. ЮГОВ, І. Г. ПАВЛОВА
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВЛАШТУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО
ЗАХИСТУ РЕЗЕРВУАРА 50.000 М³
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Надана стаття присвячена питанням, які пов'язані з технологічними процесами влаштування теплоізоляційного захисту наземних резервуарів РВС для зберігання нафти і нафтопродуктів. Теплоізоляційний захист резервуарів може виконуватися тільки на стінці або на стінці і стаціонарному даху, що необхідно враховувати при виборі технологічного процесу.

резервуар, нафта і нафтопродукти, теплоізоляція, технологічний процес, техніко-економічні показники

ANATOLY YUGOV, IRINA PAVLOVA
THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF INSTALLATION OF HEAT INSULATION
PROTECTION FOR 50,000 M³ RESERVOIR
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Presented article is devoted to the issues that are related to technological processes of heat insulation protection installation of terrestrial reservoirs VST for storage of oil and oil products. Insulation protection of tanks may only be carried out on the wall or on the wall and a fixed roof, that must be considered when choosing process.

reservoir, tank, VST, oil and oil products, insulation, process, technical and economic indicators

Югов Анатолий Михайлович – д. т. н., професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури, Член Української асоціації з металевих конструкцій, Член Міжнародної асоціації просторових конструкцій, Член Української спілки з неруйнівного контролю та технічної діагностики. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, технічна діагностика будівельних конструкцій, технологія і організація монтажу металевих конструкцій, робота металевих конструкцій з урахуванням монтажних станів.

Павлова Ірина Геннадіївна – студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження технологічних процесів та конструктивних рішень теплоізоляційного захисту резервуарів для зберігання нафти і нафтопродуктів .

Югов Анатолий Михайлович – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, Член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям, Член Международной ассоциации по пространственным конструкциям, Член Украинского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, техническая диагностика строительных конструкций, технология и организация монтажа металлических конструкций, работа металлических конструкций с учетом монтажных состояний.

Павлова Ирина Геннадиевна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование технологических процессов и конструктивных решений теплоизоляционной защиты резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов.

Yugov Anatoly – D.Sc. (Eng.), Professor, the Head of the Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a Member of Ukrainian Association of Metal Construction, Member of the International Association of spatial construction, Member of the Ukrainian Society under the undestroyed control and technical diagnostics. Scientific interests: the reliability of existing metal structures, technical diagnostics of building designs, technology and management of metal structures erection, stress-strain parameters of metal structures accounting actions during execution.

Pavlova Irina – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the study of processes and constructive solutions insulating protection storage tanks for oil and petroleum products.

УДК 681.3.06:624.012.45

Л. Р. ПРАВУК, С. Н. МАШТАЛЕР

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЛИРА» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМ И ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ Н = 250 М

Представлено теоретическое описание выполнения динамического расчета (модального анализа) пространственной модели железобетонной трубы Н = 250 м с использованием программного комплекса «Ли́ра», получены значения форм и частот собственных колебаний расчетной модели в результате динамического расчета.

модальный анализ, программный комплекс, пространственная модель, напряженно-деформируемое состояние

Железобетонные конструкции ряда ответственных инженерных сооружений – дымовых труб, градирен, защитных оболочек АЭС и др. – работают в условиях совместных силовых и температурно-влажностных воздействий и испытывают неодноосные напряженно-деформированные состояния (НДС). Достоверность оценки НДС таких конструкций зависит от вероятности деформации используемой расчетной модели. Конечной целью автоматизации проектирования является обеспечение бездефектного проектирования, то есть применение математических моделей, обеспечивающих оптимальный уровень надежности проектируемых строительных конструкций сооружений [1, 5, 6].

Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на изучение особенностей работы инженерных сооружений башенного типа – дымовых труб, башенных копров, вытяжных градирен, угольных башен и т. п., в условиях совместного действия внешних и внутренних силовых факторов всегда актуальны и отличаются высокой сложностью выполнения. Действующие нормы проектирования дымовых труб [2, 3], основанные на расчете по допускаемым напряжениям, давно устарели. Широко применяемые в настоящее время для расчета строительных конструкций методы, основанные на МКЭ, нуждаются в сравнении с нормативными по результатам расчетов [4].

Актуальность данного исследования заключается в получении корректных данных о работе конструкции под нагрузкой, изучении прочностных и деформационных свойств исследуемого сооружения с использованием программного комплекса «Ли́ра».

Целью работы является выполнение расчетов собственных колебаний пространственной модели ствола железобетонной дымовой трубы Н = 250 м, изготовленной из бетона класса В30 от собственного веса и веса футеровки с помощью программного комплекса Ли́ра 9.6 (пакет AcademicSet 2). Графическая среда программы располагает полным набором возможностей и функций для формирования адекватных конечно-элементных моделей для объектов, рассчитываемых их подробного визуального обследования и необходимой корректировки.

Процесс расчетов основной схемы разбит на следующие этапы:

1. Введение исходных данных, суперэлементов – их геометрической формы, совпадения координат узлов стыковки суперэлементов с узлами основной схемы, соответствие жесткостных характеристик, нагрузок и тому подобное.
2. Перенумерация неизвестных с целью уменьшения профиля матрицы жесткости (оптимизация).
3. Формирование матрицы жесткости суперэлементов.
4. Формирование матрицы жесткости основной схемы.

5. Формирование матрицы нагрузок (правая часть).

6. Обработка динамических воздействий на основную схему: определение периодов, частот и форм собственных колебаний.

Порядок решения задачи можно представить в следующем виде: в программном комплексе создается расчетная схема с указанием необходимых параметров жесткости сечений и нагрузок. Расчетная схема дымовой трубы представлена на рис. 1. Геометрические характеристики сечения представлены в таблице 1.



Рисунок 1 – Расчетная схема модели железобетонной трубы Н = 250 м.

Таблица 1 – Геометрические характеристики сечения оболочки ствола дымовой трубы

№ звена	Отметка низа звена, м	Внутренний радиус ствола, м	Толщина стенки ствола, мм	Уклон наружной грани	Толщина футеровки, мм
1	+0.000	21.300	800	0.015	113
2	+5.000	20.500	800	0.015	113
3	+17.500	18.100	800	0.015	113
4	+22.500	17.800	700	0.015	113
5	+35.000	16.250	650	0.015	113
6	+50.000	14.700	600	0.015	113
7	+65.000	13.950	550	0.015	113
8	+80.000	13.400	500	0.015	113
9	+95.000	13.000	450	0.015	113
10	+110.000	12.600	400	0.015	113
11	+125.000	12.200	300	0.02	113
12	+140.000	11.800	300	0.02	113
13	+155.000	11.390	260	0.02	113
14	+170.000	10.960	240	0.02	113
15	+185.000	10.530	220	0.02	113
16	+200.000	10.100	200	0.04	113
17	+249.400	9.650	200	0.04	113
18	+250.000	9.200	250	0.04	113

В качестве постоянной статической нагрузки был задан собственный вес стенок оболочки дымовой трубы, который в ПК «ЛИРА» учитывается автоматически.

Формирование динамического нагружения выполняется на основе статической нагрузки от собственного веса с коэффициентом преобразования, равным 1.

Целью динамического расчета (модального анализа) ствола дымовой трубы является:

- определение форм и частот собственных колебаний по первым формам для определения корректности схемы и сравнения с нормативным значением собственной частоты;
- корректный расчет ветровой нагрузки, учитывающей пульсационную составляющую ветровой нагрузки, а также необходимость расчета на резонансное вихревое возбуждение в соответствии с нормативными документами.

Результатом расчетов являются табличные значения, представленные в таблице 2, и графические представления частот и форм собственных колебаний, приведены на рис. 2.

Таблица 2 – Периоды и частоты собственных колебаний оболочки ствола дымовой трубы

№ загрузки	№ формы колебания	Собственные значения	Круговая частота (рад/с)	Частота (Гц)	Период (с)
2	1	0,677	1,478	0,235	4,251
2	2	0,661	1,514	0,241	4,151
2	3	0,180	5,552	0,884	1,132
2	4	0,175	5,731	0,912	1,096
2	5	0,077	12,965	2,064	0,485
2	6	0,076	13,171	2,096	0,477
2	7	0,057	17,548	2,793	0,358
2	8	0,057	17,550	2,793	0,358

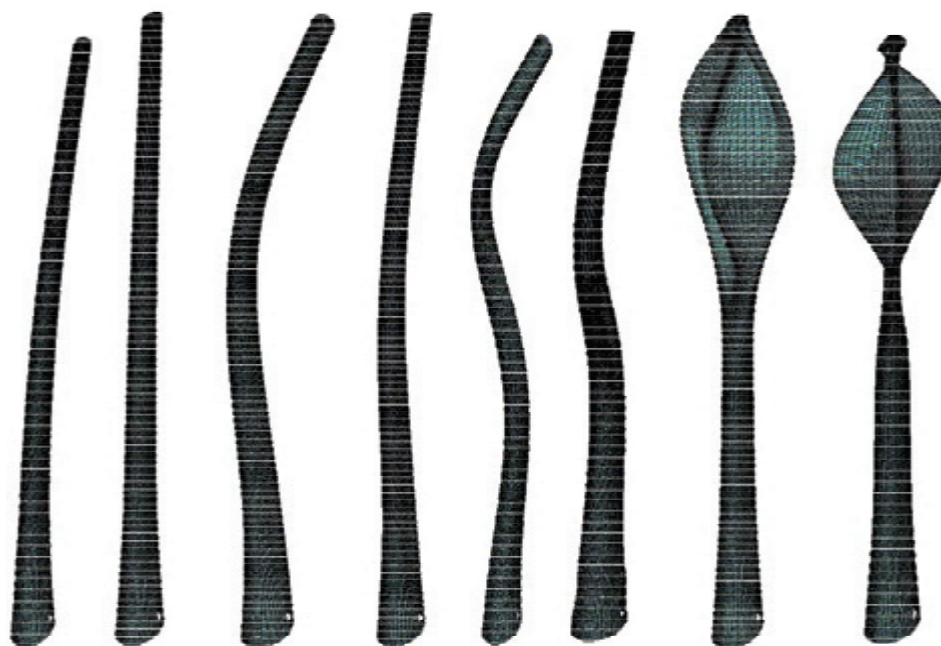


Рисунок 2 – Формы колебаний пространственной модели железобетонной трубы Н = 250 м.

ВЫВОДЫ

1. В работе проанализирована расчетная модель с помощью программного комплекса ЛИРА: Пространственная схемы оболочки железобетонной трубы, переменной по высоте; стержней с различными граничными условиями, а также выявлены формы и частоты собственных колебаний.

2. Результаты проведенной работы показали, что наименьшая частота у первой формы собственных колебаний, представляющая наибольшую опасность в смысле возможности возникновения резонанса с вибрационной нагрузкой.

3. Частота первой формы собственных колебаний составила 0,235 Гц. Период колебаний составляет 4,254 сек.

4. Данные значения частот, форм и периодов собственных колебаний свидетельствуют о том, что программный комплекс ЛИРА в целом корректно отображает работу сооружений. Данное исследование позволило удостовериться в точности результатов расчета и возможности сравнить характеристики частот и форм колебаний. Результаты расчёта могут быть различными, т. к. в данном программном комплексе реализованы приближенные численные методы – метод конечных элементов, методы решения физически и геометрически нелинейных задач, задач динамики и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машталер, С. М. Моделювання залізобетонної димової труби в програмному комплексі «Ліра» для визначення форм та частот власних коливань Комп'ютерне моделювання в освіті [Текст] / С. М. Машталер, Ю. В. Грицук // Комп'ютерне моделювання в освіті : Матеріали IV Всеукраїнського науково-методичного семінару 12 травня 2011 р. / Под ред. І. О. Теплицького, С. О. Семерінова та ін. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2011. – С. 30–31.
2. Инструкция по проектированию железобетонных дымовых труб [Текст] / НИИЖБ ; ТЕПЛОПРОЕКТ. – М. : Госстройиздат, 1962. – 54 с.
3. ВСН 286-72. Указания по проектированию железобетонных дымовых труб [Текст]. – Введ. 1972-03-01. – М. : ММСС СССР, 1973. – 64 с.
4. Сопоставительный анализ результатов расчетов ствола дымовой трубы $H = 250$ м на действие ветровой нагрузки [Текст] / В. И. Корсун, Ю. Ю. Калмыков, Т. Н. Виноградова, А. С. Волков // Сучасні проблеми цивільного будівництва. – 2010. – № 1, Т. 6. – С. 6–12.
5. Корсун, В. И. Оценка эффективности применения высокопрочных бетонов для возведения дымовых труб [Текст] / В. И. Корсун, А. С. Волков // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2009. – Вип. 2009-4(78). – С. 60–64.
6. Левин, В. М. Железобетонные башенные сооружения. Исследования, расчет [Текст] / В. М. Левин. – Макеевка : ДонГАСА, 1999. – 230 с.

Получено 03.03.2016

Л. Р. ПРАВУК, С. М. МАШТАЛЕР
ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА» ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ФОРМ І ЧАСТОТ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ МОДЕЛІЗАЛІЗОБЕТОННОЇ
ДИМОВОЇ ТРУБИ $H = 250$ М
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Представлено теоретичний опис виконання динамічного розрахунку (модального аналізу) просторової моделі залізобетонної труби $H = 250$ м з використанням програмного комплексу «Ліра», отримані значення форм і частот власних коливань розрахункової моделі за результатом динамічного розрахунку.
модальний аналіз, програмний комплекс, просторова модель, напружено-деформований стан

LIUDMILA PRAVUK, SERGII MASHTALER
APPLICATION OF «LIRA» SOFTWARE TO DETERMINE THE FORM AND
FREQUENCY OF NATURAL OSCILLATIONS OF COMPUTATIONAL OF
CONCRETE CHIMNEY $H = 250$ M
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The theoretical description of the process of dynamic analysis (modal analysis) of spatial model concrete chimney $H = 250$ m, using a «Lira» software is presented natural oscillation frequencies of the computational model as a result of dynamic analysis, are obtained.

Modal analysis software package, three-dimensional model, the stress-deformed state

Машталер Сергій Миколайович – асистент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних (сталефіробетонних) елементів при простих режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Правук Людмила Русланівна – студентка Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: аналіз напружено-деформованого стану димових труб з урахуванням фактичної схеми роботи.

Машталер Сергей Николаевич – ассистент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных (сталефибробетонных) элементов при простых режимах силового и температурного воздействий, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Правук Людмила Руслановна – студентка Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: анализ напряженно-деформированного состояния дымовых труб с учетом фактической схемы работы.

Mashtaler Sergii – Assistant, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete (steel fiber concrete) elements under simple modes of power and temperature influences, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Pravuk Liudmila – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis of stress-strain state of chimneys based on the actual circuit operation.

УДК 624.012.45:725.3

Е. А. ДМИТРЕНКО, Н. В. ПОЧТАР

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Значительная часть мостов, находящихся в эксплуатации на текущий момент, имеют повреждения строительных конструкций различной степени опасности. Данная статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме поддержания и восстановления эксплуатационной пригодности строительных конструкций мостовых сооружений. Авторами рассматриваются основные виды дефектов и повреждений конструкций мостов, приведена их классификация. Обосновывается необходимость совершенствования методов расчета и конструирования новых и усиления существующих, а также повышения периодичности и эффективности обследований и мониторинга технического состояния строительных конструкций мостовых сооружений.

строительные конструкции, мосты, эксплуатационная пригодность, дефекты, повреждения, техническое состояние, железобетон

К настоящему времени железобетонные мосты составляют значительную часть от всего мостового парка. Возраст большинства сооружений исчисляется многими десятилетиями. В связи с этим неудивительно, что возрастает количество сообщений и сведений об обнаружении различного рода повреждений на элементах конструкций мостов, которые в перспективе могут или уже спровоцировали аварийные ситуации и нарушение безопасной эксплуатации сооружений. И при этом за редким исключением почти не подвергаются периодическим обследованиям и мониторингу, хотя проведение данных мероприятий свело бы к минимуму расходы на возможные последующие ремонты и реконструкции сооружения. Ведь надежность и долговечность мостов определяется не только условиями их эксплуатации, но и своевременным и качественным проведением работ по диагностике и ремонту [1, 2, 3].

Выполнение диагностики необходимо для определения реальных геометрических параметров конструкции, фактических свойств её материалов и их распределение по сечению. Диагностика железобетонных мостов позволяет не только выявить степень их износа, но и определить причины этого явления.

При диагностике также осматриваются конструкции, не имеющие повреждений, но требующие усиления в связи с увеличивающимися в результате реконструкции сооружений расчетными эксплуатационными нагрузками или из-за изменения схем работы конструктивных элементов зданий и сооружений [3, 17].

Оценка прочности бетона в железобетонных конструкциях моста при обследованиях чаще всего осуществляется механическими методами контроля, к которым относятся: метод местных разрушений, метод пластических деформаций и метод упругого отскока. Наряду с механическими испытаниями значительное распространение получил акустический метод неразрушающего контроля, основанный на определении параметров упругих колебаний с помощью ультразвуковой нагрузки с регистрацией эффектов акустоэмиссии.

Особенность оценки надежности элементов железобетонных пролетных строений заключается в том, что необходимо учитывать большое количество разнообразных факторов. Исследования показывают, что решающими для железобетонных плит (с точки зрения обеспечения их надежности)

являются нестационарные динамические воздействия непосредственно колес автомобилей. Длительные, как правило, повышенные в сравнении с проектными динамические ударные нагрузки ведут к снижению прочностных и деформационных свойств бетона, расстройству стыковых соединений. В сочетании с перегрузками от дополнительных слоев дорожной одежды в условиях физического и морального износа происходит рост деформаций виброползучести, уменьшение величины момента трещинообразования (до 20 % и более) и, как следствие, к снижению долговечности и надежности плиты [2, 5].

В статьях [8, 9, 10] проведен обзор современных технологий освидетельствования, проектирования и усиления существующих железобетонных конструкций в сфере транспортного строительства; рассмотрены вопросы безопасной эксплуатации железобетонных конструкций транспортных сооружений в условиях воздействия агрессивных сред; предпринята попытка учета влияния агрессивной среды на напряженно-деформированное состояние транспортного сооружения на примере расчета изгибаемого железобетонного элемента, подверженного хлоридной агрессии, с целью прогнозирования поведения конструкций сооружения, а также возможности появления и развития на них повреждений.

В данной работе авторами проводится анализ и классифицирование причин и факторов, влияющих на появления дефектов и повреждений на отдельных элементах железобетонных конструкций транспортных сооружений.

Дефекты конструкций являются следствием ошибок или отступлений от правил производства работ при проектировании, изготовлении и монтаже конструкций. Повреждения конструкций, появляющиеся и развивающиеся во время их эксплуатации, являются, как правило, следствием нарушения правил эксплуатации или просчетов при проектировании; их очагами часто являются дефекты изготовления, транспортно-такелажных операций. При длительных сроках эксплуатации (более 30–40 лет) возникает необходимость в проведении обследования зданий и сооружений. Обследование конструкций проводится также в следующих случаях:

- при обнаружении в процессе текущих или периодических осмотров существенных дефектов, повреждений, оценки опасности которых не может дать служба технической эксплуатации предприятия;
- при необходимости реконструкции или технического перевооружения, связанных с изменением объемно-планировочного решения сооружения, нагрузок или условий эксплуатации;
- при возникновении аварий на аналогичных сооружениях [11, 13, 16].

Все эксплуатационные показатели при эксплуатации сооружений являются функцией времени. Время определяет и основные показатели долговечности, а именно: срок службы, ресурсы конструктивных элементов и сооружения в целом до ремонтов и списания.

Наиболее распространенными дефектами и повреждениями железобетонных мостов являются

- нарушение гидроизоляции плиты проезжей части;
- недостаточная толщина защитного слоя арматуры плиты проезжей части;
- коррозия арматуры, сколы и раковины бетона;
- усадочные трещины в плите;
- наличие пор и трещин в местах объединения плиты с балками;
- дефекты изготовления стальных конструкций, механические повреждения при монтаже и эксплуатации;
- коррозия опорных частей и их неправильная установка.

Перечисленные выше факторы ведут к разрушению элементов конструкции вследствие нарушения водонепроницаемости и развития коррозии, возможному появлению дополнительных усилий от температурных воздействий, к появлению усталостных, коррозионно-усталостных и хрупких трещин в соединениях элементов и к старению материалов.

Классификация повреждений железобетонных конструкций.

Все повреждения железобетонных конструкций транспортных сооружений можно условно классифицировать по следующим признакам:

1) по виду повреждений:

- повреждения, приводящие к изменению расчетной схемы (превращение неразрезного пролетного строения в разрезное, распорной конструкции – в безраспорную и т. д.);
- усталостные повреждения в виде трещин в элементах;
- коррозионные повреждения;
- потеря местной или общей устойчивости отдельных элементов или их частей; трещины;

- механические повреждения;
- 2) по скорости развития до опасной стадии:
- развивающиеся мгновенно (хрупкое разрушение, потеря устойчивости);
 - развивающиеся быстро (усталостные трещины);
 - развивающиеся постепенно (коррозия элементов, расстройство болтовых и заклепочных соединений);
- 3) по степени опасности:
- весьма опасные (трещины в элементах, потеря устойчивости отдельных элементов, изменение расчетной схемы);
 - опасные (расстройство болтовых и заклепочных соединений, сильная коррозия);
 - малоопасные (дефекты окраски).

Причины возникновения и развития дефектов железобетонных конструкций

Причинами появления дефектов и повреждений является совокупность многих факторов [11, 12]. Одна из основных причин возникновения большого количества повреждений связана с *содержанием и эксплуатацией сооружения*:

- отсутствие периодических мониторингов, освидетельствований и ухода за мостами;
- несвоевременное и некачественное выполнение ремонтов в связи с дефицитом квалифицированных кадров;
- изменением величин и продолжительности действия нагрузок;
- недоучет воздействия окружающей среды и агрессивных веществ.

Одними из причин возникновения и развития дефектов и повреждений являются *конструктивно-технологические ошибки*, связанные с технологией изготовления и монтажа:

- несоблюдение технологии, некачественное выполнение работ, дефекты изготовления конструкций в целом, их соединений посредством сварных швов, высокопрочных болтов;
- появление чрезмерных просадок, прогибов деформаций и потеря элементами конструкции устойчивости;
- ненадежность временных приспособлений, лесов и подмостей, их перегрузка;
- отсутствие качественного авторского надзора в период возведения сооружения.

Значительная часть дефектов связана с *проектно-конструкторскими ошибками*, к числу которых следует отнести:

- некорректные допущения;
- неточности принятых моделей, расчетных схем и расчетов сечений конструкций и отдельных элементов;
- наличие неоднородностей, отклонений в расчетных характеристиках материалов и не учет их изменений во времени;
- необеспеченность общей и местной устойчивости элементов конструкции пролетного строения;
- не учет проектировщиками особенностей строительных операций, размыв и осадка опор и т. д.

Появление повреждений облегчает проникание агрессивной среды вовнутрь конструкции плиты проезжей части и способствует перераспределению усилий в железобетонном пролетном строении моста. Следовательно, необходим учет не только геометрических изменений, но и процесса деградации материалов конструкции во времени под влиянием агрессивной среды [2, 4, 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние несколько десятилетий во всем мире было построено значительное количество железобетонных транспортных сооружений, в том числе мостов. В связи с этим возникает проблема безопасной эксплуатации сооружений с учетом множества негативных факторов, учитывая возможное появление и развитие дефектов и повреждений различного вида. В данной работе приведена классификация дефектов и повреждений железобетонных конструкций транспортных сооружений. Проведен анализ причин возникновения и развития различных видов дефектов и повреждений.

Анализ повреждений, аварий и катастроф мостов позволяет прийти к выводу, что большинство из них можно предотвратить путем совершенствования расчетов, способов изготовления и монтажа, повышения периодичности и эффективности обследований и мониторинга, а также углубления уровня знаний об изменчивости свойств материалов, разработки более совершенных инженерных методов оценки рабочего ресурса мостовых конструкций на всех стадиях их работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быстров, В. А. Эксплуатация и надежность автодорожных и городских мостов [Текст] / В. А. Быстров. – Санкт-Петербург : Изд-во С-ПБИСИ, 1993. – 129 с.
2. Быстров, В. А. Прогнозирование надежности конструкций стальных и железобетонных мостов [Текст] / В. А. Быстров, В. Л. Шайкевич. – Л. : ЛИСИ, 1989. – 96 с.
3. Кожушко, В. П. Оценка несущей способности пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов [Текст] / В. П. Кожушко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Харьков, 2006. – № 34–35. – С. 76–79.
4. Крамер, Е. Л. Эксплуатация автодорожных мостов [Текст] / Е. Л. Крамер // Итоги науки и техники. Серия: Автомобильные дороги. – М. : Транспорт, 1990. – Т. 9. – С. 64–191.
5. Новожилова, Н. И. Прогнозирование надежности конструкций стальных и железобетонных мостов [Текст] / Н. И. Новожилова, В. А. Быстров, В. Л. Шайкевич. – Л. : ЛИСИ, 1989. – 96 с.
6. Овчинников, И. Г. Обследования, ремонт и усиление оснований и фундаментов транспортных сооружений [Текст] : Учебное пособие / И. Г. Овчинников, А. А. Шеин, А. А. Пискунов. – Казань : КГАСА, 2005. – 300 с.
7. Овчинников, И. Г. Работоспособность железобетонных элементов конструкций в условиях воздействия агрессивных сред [Текст] / И. Г. Овчинников, В. В. Раткин, Р. Б. Гарибов. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2002. – 156 с.
8. Диагностика транспортных сооружений [Текст] / И. Г. Овчинников, И. Г. Козлов, В. И. Кононович, Т. С. Фазизов. – Саратов : СГТУ, 1999. – 184 с.
9. Раткин, В. В. Коррозионно-механическая прочность железобетонных элементов конструкций в условиях хлоридной агрессии [Текст] : монография / В. В. Раткин, И. Г. Овчинников. – М. : ВИНТИ, 2001. – 210 с.
10. Раткин, В. В. Моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций транспортных сооружений, находящихся под воздействием агрессивных сред [Текст] / В. В. Раткин, А. В. Кокодеев // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2014. – № 4 (8). – С. 63–68.
11. Рояк, Г. С. Обеспечение долговечности транспортных сооружений [Текст] / Г. С. Рояк // Автомобильные дороги : Информ. сб. – М., 1994. – Вып. 11. – С. 7–8.
12. Технические отчеты проектного подразделения «Волгопроектстроймост» ОАО «Волгомост» по результатам обследований железобетонных мостов за 1986–2001 гг. [Текст] / Под ред. ОАО «Волгомост». – Саратов : Изд-во ОАО «Волгомост», 2002. – 164 с.
13. Bridge Engineering Handbook: Superstructure Design [Текст] / W. F. Chen, L. Duan (Eds.). – Second Edition. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2014. – 752 p. – ISBN-10 1439852219.
14. Horvath, A. Estimation of the environmental implications of construction materials and designs using life cycle assessment techniques [Текст] : PhD thesis / A. Horvath. – Pittsburgh, Pa. : Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon Univ., 1997. – 150 с.
15. Horvath, A. Steel versus steel-reinforced concrete bridges: environmental assessment [Текст] / Aprad Horvath, Chris Hendrickson // Journal of Infrastructure Systems. – 1998. – Vol. 4, No. 3. – P. 111–117.
16. Dynamic Loading and Design of Structures [Текст] / A. J. Kappos (Ed.). – London ; New York : Spon Press, 2002. – 374 p. – ISBN 0-419-22930-2.
17. Troitsky, M. S. Planning and Design of Bridges [Текст] / M. S. Troitsky. – New York : John Wiley & Sons, Inc., 1994. – 318 p.
18. Vayas, I. Design of Steel-Concrete Composite Bridges to Eurocodes / I. Vayas, A. Iliopoulos. – Boca Raton, FL, USA : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. – XXIV, 549 p. – ISBN-13 978-1-4665-5745-1.

Получено 04.03.2016

Є. А. ДМИТРЕНКО, Н. В. ПОЧТАР
**ОСНОВНІ ТИПИ ДЕФЕКТІВ І УШКОДЖЕНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
 КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД, ПРИЧИНИ ЇХ ВИНИКНЕННЯ**
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Значна частина мостів, що знаходяться в експлуатації на поточний момент, мають пошкодження будівельних конструкцій різного ступеня небезпеки. Дана стаття присвячена актуальній на сьогоднішній день проблемі підтримки і відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій мостових споруд. Авторами розглядаються основні види дефектів і пошкоджень конструкцій мостів, наведено їх класифікацію. Обґрунтовується необхідність вдосконалення методів розрахунку і конструювання нових і посилення існуючих, а також підвищення періодичності та ефективності обстежень і моніторингу технічного стану будівельних конструкцій мостових споруд. **будівельні конструкції, мости, експлуатаційна придатність, дефекти, пошкодження, технічний стан, залізобетон**

EVGENIY DMITRENKO, NATALIA POCHTAR
THE MAIN TYPES OF DEFECTS OR DAMAGES OF CONCRETE STRUCTURES
OF TRANSPORT FACILITIES, AND THEIR CAUSES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

A significant part of the bridges that are in use at the moment, have the damage of building constructions of varying degrees of risk. This article is devoted to an actual problem to maintain and restore the serviceability of the building structures of bridges. The main types of defects and damages of bridges constructions and their classification, are considered by authors in this article. The necessity of improving the methods of calculation and design of new and strengthening of existing ones, as well as increasing the frequency and effectiveness of inspections and monitoring of the technical state of the structures of bridges is shown.
building structures, bridges, operational suitability, defects, damage, technical condition, reinforced concrete

Дмитренко Євген Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних елементів при складних режимах силового і температурного впливів, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Почтар Наталія Володимирівна – магістрант Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методик визначення характеристик напружено-деформованого стану залізобетонних елементів мостових споруд, оцінка технічного стану і проектування залізобетонних конструкцій.

Дмитренко Евгений Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов при сложных режимах силового и температурного воздействий, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Почтар Наталья Владимировна – магістрант Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методик определения характеристик напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов мостовых сооружений, оценка технического состояния и проектирование железобетонных конструкций.

Dmitrenko Evgeniy – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete elements under complex modes of power and temperature influences, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

Pochtara Natalia – Master Degree student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods of estimation of characteristics of the stress-strain state of reinforced concrete bridge constructions, estimation of technical state and design of reinforced concrete constructions.

УДК 620.97

В. Ю. ДОМНИН, А. В. ВЕСЕЛОВ, К. А. ПИВОВАРОВА

Институт строительства, архитектуры и искусства,
Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова

ОБОГРЕВ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ

В данной работе рассматривается проблема чрезвычайно высокого энергопотребления. Наибольшее количество энергии тратится на отопление, горячее водоснабжение, покрытие потерь при транспортировке энергии, охлаждение воздуха в системах кондиционирования. Предлагается решение уменьшения затрат на отопление зданий путем поглощения солнечной радиации энергоэффективным стеновым блоком.

энергоэффективность, энергоёмкость, солнечная энергия, стеклобетонный блок

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Отличительная особенность современной российской экономики – её чрезвычайно высокая энергоёмкость. Экономия энергии на сегодняшний день рассматривается многими развитыми странами как важнейшая мировая экономическая и экологическая проблема: экономическая – потому, что энергетические затраты сегодня составляют львиную долю себестоимости любого вида продукции, товаров или услуг; экологическая – поскольку снижение энергопотребления означает сокращение производства энергии тепловыми станциями и соответственно снижение загрязнения окружающей среды выбросами ТЭЦ.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ПУБЛИКАЦИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ

На решение этой проблемы во многих странах направлена вся мощь законов и нормотворчества, долгосрочные программы, деятельность различных государственных, общественных и частных организаций и фирм. Результаты многочисленных исследований, посвященных изучению проблем энергосбережения, показывают, что наибольшее количество энергии тратится на отопление, горячее водоснабжение, покрытие потерь при транспортировке энергии, охлаждение воздуха в системах кондиционирования, искусственное освещение. Поэтому с момента выхода в свет серии нормативно-технических документов, в которых изложены основные теплотехнические требования, предъявляемые ко всем строящимся и реконструируемым объектам, усилия проектировщиков были направлены на поиск технических решений, обеспечивающих повышение уровня тепловой защиты зданий и сокращения расходов на их эксплуатацию.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Солнечная энергетика – направление альтернативной энергетике, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемые источники энергии и, является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования. Пассивные солнечные здания – это те, проект которых разработан с максимальным учетом местных климатических условий и где применяются соответствующие технологии и материалы для обогрева, охлаждения и освещения здания за счет энергии Солнца. К ним относятся традиционные строительные технологии и материалы, такие как изоляция, массивные полы, обращенные к югу окна. Такие жилые помещения

могут быть построены в некоторых случаях без дополнительных затрат. В других случаях возникшие при строительстве дополнительные расходы могут быть скомпенсированы снижением энергозатрат. Пассивные солнечные здания являются экологически чистыми, они способствуют созданию энергетической независимости и энергетически сбалансированному будущему. В пассивной солнечной энергетической системе сама конструкция здания выполняет роль коллектора солнечной радиации. Это определение соответствует большинству наиболее простых систем, где тепло сохраняется в здании благодаря его стенам, потолкам или полам. Также есть системы, где предусмотрены специальные элементы для накопления тепла, вмонтированные в конструкцию здания (например, ящики с камнями или заполненные водой баки или бутылки). Такие системы также классифицируются как пассивные солнечные.

Существует несколько основных способов пассивного использования солнечной энергии в архитектуре. Используя их, можно создать множество различных схем, тем самым получая разнообразные проекты зданий. Приоритетами при постройке здания с пассивным использованием солнечной энергии являются: удачное расположение дома; большое количество окон, обращенных к югу (в Северном полушарии), чтобы пропускать больше солнечного света в зимнее время (и наоборот, небольшое количество окон, обращенных на восток или запад, чтобы ограничить поступление нежелательного солнечного света в летнее время); правильный расчет тепловой нагрузки на внутренние помещения, чтобы избежать нежелательных колебаний температуры и сохранять тепло в ночное время, хорошо изолированная конструкция здания. Расположение, изоляция, ориентация окон и тепловая нагрузка на помещения должны представлять собой единую систему. Для уменьшения колебаний внутренней температуры изоляция должна быть помещена с внешней стороны здания. Однако в местах с быстрым внутренним обогревом, где требуется немного изоляции, или с низкой теплоемкостью, изоляция должна быть с внутренней стороны. Тогда дизайн здания будет оптимальным при любом микроклимате. Стоит отметить и тот факт, что правильный баланс между тепловой нагрузкой на помещения и изоляцией ведет не только к сбережению энергии, но также и к экономии строительных материалов. Пассивное использование солнечного света обеспечивает примерно 15 % потребности обогрева помещений в стандартном здании и является важным источником энергосбережения. При проектировании здания необходимо учитывать принципы пассивного солнечного строительства для максимального использования солнечной энергии. С этой целью было предложено конструктивное решение ориентированной на южную сторону света наружной стены, изготавливаемой из специальных стеклобетонных блоков методом кладки.

Предлагаемый стеклобетонный блок представляет собой полый блок, изготовленный из бетонного раствора путем усадки вибрацией бетона в прямоугольных формах. Отличительная особенность разрабатываемого (исследуемого) блока в том, что в одну из поверхностей устанавливается стеклопакет с воздушной прослойкой. Внутренняя стенка блока окрашивается в черный цвет для поглощения большего количества солнечной энергии (рис.). Такая конструкция обладает высокой степенью энергоэффективности, аккумулирующей способностью, эстетическим видом.

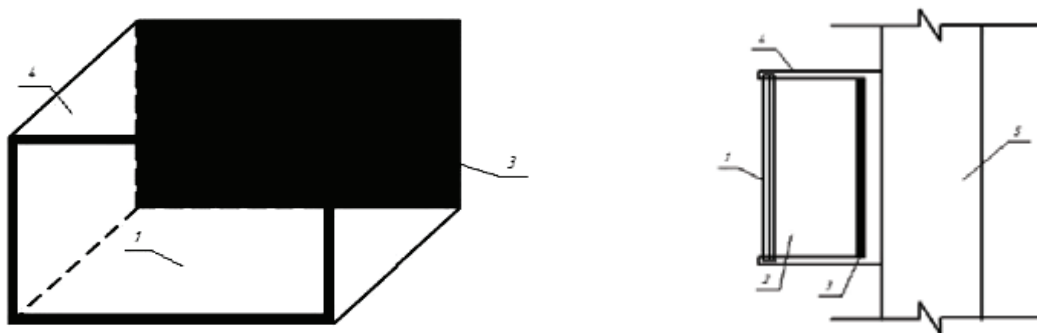


Рисунок – Стеновой блок: 1 – стеклопакет, 2 – воздушная прослойка, 3 – внутренняя стенка стеклобетона, окрашенная в черный цвет, 4 – бетонный блок, 5 – наружное ограждение здание.

Суммарная солнечная радиация в отопительный период на вертикальную поверхность составляет:

Январь: Юв/Юз – 371 МДж/м² – это приблизительно 143 Вт/ч;
Ю – 495 МДж/м² – это приблизительно 190 Вт/ч;
Март: Юв/Юз – 572 МДж/м² – это приблизительно 221 Вт/ч;
Ю – 692 МДж/м² – это приблизительно 267 Вт/ч;
Май: Юв/Юз – 573 МДж/м² – это приблизительно 221 Вт/ч;
Ю – 497 МДж/м² – это приблизительно 192 Вт/ч;
Ноябрь: Юв/Юз – 392 МДж/м² – это приблизительно 152 Вт/ч;
Ю – 543 МДж/м² – это приблизительно 210 Вт/ч;

Февраль: Юв/Юз – 424 МДж/м² – это приблизительно 164 Вт/ч;
Ю – 566 МДж/м² – это приблизительно 218,3 Вт/ч;
Апрель: Юв/Юз – 557 МДж/м² – это приблизительно 215 Вт/ч;
Ю – 558 МДж/м² – это приблизительно 215 Вт/ч;
Октябрь: Юв/Юз – 490 МДж/м² – это приблизительно 189 Вт/ч;
Ю – 611 МДж/м² – это приблизительно 236 Вт/ч;
Декабрь: Юв/Юз – 307 МДж/м² – это приблизительно 119 Вт/ч;
Ю – 475 МДж/м² – это приблизительно 183 Вт/ч.

ВЫВОДЫ

По предварительным теоретическим расчетам преобразованием в стеновых стеклобетонных блоках солнечной энергии в тепловую должно хватить на обогрев помещения до расчетных параметров внутреннего воздуха и полностью отказаться от традиционных источников питания.

Если выполнить южную сторону здания из таких стеклобетонных блоков, а остальные стены утеплить до $R_{тр}$, то поглощенной солнечной радиации должно быть достаточно для полного обогрева помещения в зимний период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод правил 131.13330.2012. Строительная климатология [Текст] / Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* ; введ. 2013-01-01. – Москва : Министерство регионального развития Российской Федерации (Минрегион России), 2013. – 124 с.
2. Свод правил 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст] / Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 ; введ. 2013-01-01. – Москва : Министерство регионального развития Российской Федерации (Минрегион России), 2013. – 80 с.
3. Родионов, В. Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего [Текст] / В. Г. Родионов. – М. : ЭНАС, 2010. – 352 с.

Получено 07.03.2016

В. Ю. ДОМНІН, О. В. ВЕСЕЛОВ, К. О. ПІВОВАРОВА
ОБІГРІВ ПРИМІЩЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ СТІНОВИХ БЛОКІВ
Інститут будівництва, архітектури та мистецтва, Магнітогорський державний технічний університет ім. Г. І. Носова

У даній роботі розглядається проблема надзвичайно високого енергоспоживання. Найбільша кількість енергії витрачається на опалення, гаряче водопостачання, покриття втрат при транспортуванні енергії, охолодження повітря в системах кондиціонування. Пропонується рішення зменшення витрат на опалення будівель шляхом поглинання сонячної радіації енергоефективним стіновим блоком.

енергоефективність, енергоємність, сонячна енергія, склобетонний блок

VITALIY DOMNIN, ALEXANDER VESELOV, KSENIYA PIVOVAROVA
SPACE HEATING WITH NEW BUILDING BLOCKS
Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University

In this paper we consider the problem of extremely high energy consumption. The greatest amount of energy is spent for heating, hot water, cover losses during transportation of energy, cooling air in air conditioning systems. It is proposed solutions to reduce the cost of heating buildings by absorbing solar radiation energy-efficient building blocks.

energy efficiency, energy consumption, solar energy, glass concrete unit

Домнин Віталій Юрійович – магістрант кафедри будівельного виробництва Інституту будівництва, архітектури та мистецтва Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова. Наукові інтереси: шляхи вдосконалення енергосистем, способи зменшення енергоспоживання, економія і збереження енергоресурсів.

Веселов Олександр Васильович – к. т. н., доцент кафедри будівельного виробництва Інституту будівництва, архітектури та мистецтва Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова. Наукові інтереси: шляхи вдосконалення енергосистем, способи зменшення енергоспоживання, економія і збереження енергоресурсів, розвиток технологій будівництва та експлуатації автомобільних доріг, удосконалення систем безпеки дорожнього руху, впровадження нових технологій і оцінка їх працездатності в системі автомобільних доріг.

Пивоварова Ксенія Олександрівна – магістрант кафедри будівельного виробництва Інституту будівництва, архітектури та мистецтва Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова. Наукові інтереси: розвиток технологій будівництва та експлуатації автомобільних доріг, удосконалення систем безпеки дорожнього руху, впровадження нових технологій і оцінка їх працездатності в системі автомобільних доріг.

Домнин Віталій Юрьевич – магістрант кафедри строительного производства Института строительства, архитектуры и искусства Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. Научные интересы: пути совершенствования энергосистем, способы уменьшения энергопотребления, экономия и сохранение энергоресурсов.

Веселов Александр Васильевич – к. т. н., доцент кафедры строительного производства Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. Научные интересы: пути совершенствования энергосистем, способы уменьшения энергопотребления, экономия и сохранение энергоресурсов, развитие технологий строительства и эксплуатации автомобильных дорог, усовершенствование систем безопасности дорожного движения, внедрение новых технологий и оценка их работоспособности в системе автомобильных дорог.

Пивоварова Ксения Александровна – магістрант кафедри строительного производства Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. Научные интересы: развитие технологий строительства и эксплуатации автомобильных дорог, усовершенствование систем безопасности дорожного движения, внедрение новых технологий и оценка их работоспособности в системе автомобильных дорог.

Domnin Vitaliy – Master Degree student, Building Production Department, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University. Scientific interests: ways to improve energy systems, methods for reducing power consumption, saving and saving energy.

Veselov Alexander – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Building Production Department, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University. Scientific interests: ways to improve energy systems, methods for reducing power consumption, saving energy and saving, development of construction technology and maintenance of roads, improvement of security of traffic, the introduction of new technologies and the assessment of their performance in the roads system.

Pivovarova Kseniya – Master Degree student, Building Production Department, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University. Scientific interests: the development of technologies of construction and maintenance of roads, improvement of security of traffic, the introduction of new technologies and the assessment of their performance in the roads system.

УДК691.322

Н. И. СКИНДИРЁВА, А. С. ПИЛИПЕНКО

ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет»

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Статья посвящена вопросам переработки и вторичного применения бетонного лома, образующегося в результате сноса зданий и утилизации бетонных изделий. Авторами рассматриваются аспекты технологии применения бетонного лома в качестве заполнителя для бетонных изделий различного назначения, особое внимание уделено применению бетонного лома в качестве заполнителя для декоративного бетона.

бетонный лом, декоративный бетон, вторичное использование бетона

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Повышение эффективности жилищного строительства тесно связано с использованием строительных материалов на основе отходов промышленности. Одним из таких отходов является бетонный лом, получаемый при сносе зданий и сооружений. В Москве в рамках федеральной программы «Жилище» было запланировано снести 1 722 дома серий I-32, К-7, П-35, 1605-ам, 1-мг-300 и 2-07, при этом на начало 2016 года осталось снести 123 здания. Полученное в результате сноса значительное количество бетонного лома либо перерабатывается путём дробления, либо складывается на специальных полигонах, негативно влияющих на окружающую среду. Реконструкция повреждённого жилого фонда в Донцке и области также может привести к образованию некоторого количества бетонного лома. Повторное применение указанного лома является экологически и экономически целесообразным.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Повторное применение бетонного лома в строительстве известно с 50-х годов прошлого века [1], однако традиционными областями его применения являются в основном использование в качестве подсыпок для строительства дорог и применение в качестве низкомарочного заполнителя для малоответственных конструкций [4]. Ближайшим аналогом щебня из бетона по свойствам могут служить применяемые в составе высококачественных бетонов отходы камнедробления [5]. Щебень из дроблёного бетона обладает высокой неоднородностью по составу и свойствам, зависящей от состава бетонных изделий, из которых он получен, и метода их переработки. За рубежом применение щебня из дроблёного бетона несколько шире и включает в себя устройство защитных береговых насыпей, применение в качестве заполнителей для асфальтовых дорожных покрытий и т. д. В НИУ МГСУ Л. А. Алимовым, В. В. Ворониным и С. М. Пуляевым были разработаны рекомендации по применению дроблёного бетона в качестве заполнителя для бетонных изделий различного назначения и прочности (до В25 включительно) [4]. Была также показана принципиальная возможность применения щебня из дроблёного бетона в изделиях из декоративного бетона [3]. Тем не менее представляется актуальным увеличение прочности, долговечности и иных свойств изделий с использованием бетонного лома.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы заключается в обосновании возможности повышения эффективности бетонных изделий с применением бетонного лома за счёт придания им новых свойств и повышения существующих.

© Н. И. Скиндирёва, А. С. Пилипенко, 2016

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Достижение указанной цели представляется возможным за счёт применения комплексных добавок, которые компенсируют негативные особенности поведения щебня из дроблёного бетона в составе бетонной смеси. Щебень из бетона существенно отличается от исходных заполнителей и уступает им по качеству. Особенности свойств и неоднородность щебня из бетона препятствуют широкому применению его в конструкционном бетоне, однако позволяют его применение в малощебёночных и декоративных бетонах.

В качестве рабочего материала были выбраны изделия из декоративного бетона, на примере которых предполагается установить основные зависимости свойств бетона. Применение мелких фракций дроблёного бетона в качестве заполнителей для цветных декоративных бетонов в комплексе с механохимической активацией и применением современных пластификаторов может повысить их эффективность. При этом поверхность бетонов может быть защищена полимерным покрытием, повышающим её морозо- и износостойкость и предохраняющим от выцветания и механической деформации. Формование изделий возможно за счёт штамповки, вибротолка в полимерные формы и т. д. В составе декоративного бетона возможно применение пластифицирующих, гидрофобизирующих и других добавок, позволяющих регулировать свойства получаемой смеси [2].

Основной особенностью щебня из бетонного лома является наличие частичной или сплошной оболочки из цементного раствора на поверхности заполнителя. Эта оболочка обладает пористостью, что приводит к повышенному водопоглощению заполнителя. При получении щебня из бетона путём дробления происходит разрушение кусков бетона с образованием новых физико-химических активных поверхностей цементного камня, негидратированная часть которого может подвергаться дальнейшей гидратации. Щебень из бетона активно влияет на формирование как структуры цементного камня, так и плотной контактной зоны между цементным камнем и заполнителем. Формирование цементного камня происходит при пониженном водосодержании. В связи с тем, что щебень из бетона обладает повышенной водопотребностью, его применение в бетоне целесообразно совместно с суперпластифицирующими добавками [3].

Исследования, проведённые ранее, подтвердили целесообразность применения заполнителей из дроблёного бетона для декоративных бетонов, однако с обязательным учётом их функционального назначения. Было показано, что щебень из дроблёного бетона возможно использовать для получения тротуарной цементно-песчаной плитки без какого-либо ухудшения качества [4]. В европейской практике представлены двуслойные изделия, в которых несущий слой тротуарной плитки (5–10 см) имеет в своём составе щебень из дроблёного бетона, а лицевой слой (3–5 мм) – из высококачественного цветного износостойкого бетона.

Придание изделиям из декоративного бетона дополнительных свойств позволит существенно расширить их область применения. Использование комплексной добавки, состоящей из железнокислых пигментов, гидрофобизатора и пластифицирующей добавки на основе поликарбоксилатных эфиров может позволить получить материал с высоким качеством поверхности и эффектом самоочистки (т. н. «эффект лотоса»), а также высокой прочностью при значительном (до 5 мм) уменьшении толщины изделия.

Предварительные эксперименты показали, что указанный комплекс добавок обеспечивает формирование плотной цементной матрицы изделия. В результате работы планируется получение изделия из декоративного бетона прочностью на сжатие В15-В20, морозостойкостью не менее F100, низкой истираемостью (до 0,02 г/см²), высокой стойкостью к ультрафиолету, агрессивным кислотнo-щелочным средам, маслам, нефтепродуктам и жирам, хорошей сохраняемостью цвета, достаточно технологичного и экономичного.

ВЫВОДЫ

По результатам проведённой теоретической и экспериментальной работы сделаны следующие выводы:

1. Обоснована возможность повышения эффективности бетонных изделий с применением бетонного лома за счёт применения комплексной добавки, состоящей из железнокислых пигментов, гидрофобизатора и пластифицирующей добавки на основе поликарбоксилатных эфиров.
2. В дальнейшей работе планируется оптимизация составов бетонной смеси, включающей указанный комплекс добавок. Результаты экспериментов могут быть применены к другим бетонным изделиям, включающим в состав щебень из бетонного лома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] / Ю. М. Баженов. – М. : АСВ, 2007. – 500 с.
2. Баженов, Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны [Текст] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : АСВ, 2006. – 368 с.
3. Пилипенко, А. С. Эффективные декоративные фасадные бетонные изделия с использованием отсевов дробления бетонного лома [Текст] : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. С. Пилипенко ; Московский государственный строительный университет. – Москва, 2012. – 152 с.
4. Пуляев, С. М. Бетоны на заполнителях из бетонного лома для сборных железобетонных изделий [Текст] : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С. М. Пуляев ; Московский государственный строительный университет. – Москва, 2005. – 200 с.
5. Паникин, Д. А. Разработка самоуплотняющихся бетонов с применением отходов камнедробления [Текст] / Д. А. Паникин // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2015. – Вып. 2015-3(113). – С. 38–42.

Получено 09.03.2016

Н. І. СКИНДИРЕВА, А. С. ПІЛІПЕНКО
ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУКТІВ ДРОБЛЕННЯ БЕТОННОГО БРУХТУ В
БУДІВНИЦТВІ
ФГБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет»

Статтю присвячено питанням переробки і вторинного застосування бетонного брухту, що утворюється в результаті знесення будівель і утилізації бетонних виробів. Авторами розглядаються аспекти технології застосування бетонного брухту як заповнювач для бетонних виробів різного призначення, особливу увагу приділено застосуванню бетонного брухту як заповнювача для декоративного бетону.
бетонний лом, декоративний бетон, вторинне використання бетону

NATALIA SKINDIRYOVA, ANTON PILIPENKO
THE USAGE OF CRUSHED CONCRETE IN CONSTRUCTION
FGBOU IN «NIU Moscow State University of Civil Engineering»

This article contains information about recycling and re-use of crushed concrete from demolition works and crushing of concrete slabs. Authors took a look on crushed concrete as an aggregate of concrete mixes. Special attention goes to application of crushed concrete fines as a fine aggregate in decorative concrete.
crushed concrete, decorative concrete, concrete recycling

Пилипенко Антон Сергійович – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології композиційних матеріалів і прикладної хімії ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: інноваційні бетонні матеріали і технології їх отримання, будівельні матеріали для незвичайних умов.

Скіндірева Наталія Ігорівна – студентка ФГБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: матеріали з бетону; нанотехнології в будівництві.

Пилипенко Антон Сергеевич – кандидат технических наук, ассистент кафедры технологии композиционных материалов и прикладной химии ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: инновационные бетонные материалы и технологии их получения, строительные материалы для необычных условий.

Скіндірєва Наталья Игоревна – студентка ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: материалы из бетона; нанотехнологии в строительстве.

Pilipenko Anton – Ph.D. (Eng.), assistant, Technology of Composite Materials and Applied Chemistry Department, FGBOU IN «NIU Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: innovative concrete materials and technologies for their production, construction materials for unusual conditions.

Skindiriyova Natalia – student, FGBOU IN «NIU Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: concrete materials; nanotechnology in construction.

УДК 72.01 (075.8)

В. С. ФЕДОСИХИН, Н. В. НОЗДРИН, В. С. САЧКОВ

Институт строительства, архитектуры и искусства,
Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

АРХИТЕКТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА МАГНИТОГОРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Изложена архитектурная часть разработанного дипломного проекта экологического здания электросталеплавильного цеха (ЭСЦ) для Магнитогорского металлургического комбината (ММК), в котором над технологическим зданием, имеющим только наружные стены при ликвидации кровли, установлен металлический без проёмов в покрытии колпак пространственной конструкции. Неорганизованные вредности сами откладываются вдоль периметра цеха на уровне земли в пространстве между технологическим зданием и экологическим колпаком. Исследованная модель архитектурного объекта показала удовлетворительные результаты.

архитектура, электросталеплавильный цех, вредности, технологическое здание, аэрация, экологическая оболочка, склад пыли

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Актуальность экологической проблемы города, в котором существует металлургическое предприятие, не вызывает сомнения. Основные цехи черной металлургии выбрасывают из зданий через фонари, расположенные в покрытии, огромное количество вредностей, создавая в цехах для рабочих благоприятные микроклиматические условия, за что получают благодарности. Но эти вредности, попавшие в атмосферу над городом, поднимаются на огромную высоту и ветром перемещаются в жилую зону, расположенную вокруг предприятия, покрывая всё вокруг слоем металлической пыли. Этот толстый слой пыли в жилой застройке хорошо виден на газонах в весенний период, когда тает снег. Газоочистные установки не справляются с задачей. Поэтому при повышении мощности основных цехов, необходимы коренные изменения архитектурно-строительного поперечного профиля здания, от которого зависят объёмы выбросов вредностей в атмосферу города.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В. С. Федосихин выполнял и защищал кандидатскую и докторскую диссертации, изучая архитектуру металлургических предприятий СССР. Работал в течение 15 лет в отделе капитальных ремонтов, занимаясь внешним обликом зданий, внедрял различные архитектурно-строительные решения по совершенствованию ограждающих конструкций основных цехов, публикуя материалы исследований. В 2001 году был издан конспект лекций «Экология, градостроительство и архитектура Магнитогорска» объёмом 10,76 п.л., в котором подведены итоги многолетних авторских исследований и сформулирована цель последующих изысканий [1]. В те годы ценились конспекты лекций вместо монографий. По этой тематике впоследствии были опубликованы две статьи, в 2002 и 2007 годах, поскольку были важны исследования по архитектурному образованию. Но в связи с разработкой технического задания на проектирование нового здания ЭСЦ на ММК магнитогорским Гипрометзом и кафедрой черной металлургии МГТУ было решено вернуться к архитектурной экологии и привлечь к проработке архитектурного проекта этого здания студента 4 курса архитектурной подготовки (Н. В. Ноздрин), который провёл необходимые изыскания. В 2016 году на пятом курсе он подготовил к защите в ГИА своё видение экологического здания ЭСЦ и подключил к работе над проектом студента 4 курса архитектурной подготовки В. С. Сачкова.

© В. С. Федосихин, Н. В. Ноздрин, В. С. Сачков, 2016

ЦЕЛИ

Осуществить поиск архитектурно-строительного поперечного профиля здания ЭСПЦ, имеющего избыточные тепловыделения, с целью ликвидировать неорганизованные пылегазовые выбросы из него в атмосферу города. Это позволит улучшить экологическую обстановку в жилой застройке металлургического моногорода.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Экологическая проблема создания благоприятной воздушной среды в жилой застройке, расположенной вокруг металлургического предприятия, существует давно, но она до сих пор не решена. Её решают специалисты различных профессий. Магнитогорск по уровню запылённости и загазованности воздушного бассейна находится в пятёрке самых загрязнённых городов мира, хотя в 1990 году были закрыты мартеновские цеха № 2 и № 3, что позволило сократить выбросы пыли и газов почти в три раза. Но уже осенью этого же года был пущен в эксплуатацию корпус ККЦ с одним конвертером и с одной машиной непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), а в 1994 году в этом же здании был установлен второй конвертер с тремя МНЛЗ, что позволило существенно повысить качество металла и увеличить объём выпускаемой продукции, доведя его до 13 млн тонн стали в год. Но при этом вновь увеличилась запылённость и загазованность атмосферы вне комбината, поскольку усилился горячий поток воздуха из цеха, который выбрасывает пыль и газы на сотню метров над землёй. Во время штилей эти вредности рассеиваются над предприятием и в жилой зоне, покрывая землю в радиусе до 10 км слоем до 20 см в год. Только благодаря ветрам, которые в Магнитогорске дуют в основном с запада, при средней их скорости около 5 м/сек, огромные массы пылегазовых неорганизованных выбросов до 80 % оседают в восточной части города, где в основном расположены посёлки городского типа. Выбросы захватывают и зону сельских поселений на удалении до 30 км от города.

Но руководство страны посчитало возможным на ММК увеличить существующий объём производимого металла. Магнитогорский «Гипромез» приступил к разработке технического задания на проектирование нового здания ЭСПЦ. В результате на освобождённой площадке, где ранее размещались ликвидированные два здания мартеновских цехов, было решено построить корпус ЭСПЦ, включающий МНЛЗ и цех горячего проката, имеющие новейшую технологию. При увеличении мощности металлургического комбината была сформулирована цель – не превышать количество пылегазовых выбросов в атмосферу города.

Было решено, чтобы и архитекторы приняли участие в разработке нового здания ЭСПЦ. Прежде чем приступить к эскизной проработке архитектурного проекта были проанализированы 180 зданий ЭСПЦ, эксплуатируемые на металлургических предприятиях России и мира, чтобы выявить, каким образом из зданий удалялись неорганизованные пылегазовые выбросы. Анализ строительных чертежей всех этих зданий позволил сделать вывод, что во всех изученных зданиях ККЦ и ЭСПЦ используется классическая система аэрации внутреннего пространства цехов. Она позволяет создать благоприятные условия лишь для работающих в здании металлургов. Во всех проанализированных зданиях в верхней части покрытия установлены аэрационные фонари, через которые вредности выбрасываются в атмосферу.

И только в одном здании фирмы «Continental Steel Corporation», штат Индиана, США, введённого в эксплуатацию в 1967 году, имеющего ширину цеха 51,5 м, отсутствует в покрытии аэрационный фонарь. Это позволило констатировать, что в здании организована система искусственной пылегазовой очистки. Сегодня специалисты металлургического производства уверяют, что в мировой практике, в том числе в России и Украине, существуют комплексные установки, позволяющие осуществить полное поглощение неорганизованных пылевых выделений из конвертеров, МНЛЗ и от раскалённого металла в процессе горячей прокатки. Решая проблемы ликвидации неорганизованных выбросов системой газоочистки, следует иметь в виду, что пыль обычно собирается с помощью тканевых фильтров, в результате чего единовременные и эксплуатационные расходы очень велики. Поэтому в наших условиях продолжается выброс вредностей в атмосферу даже при наличии газоочистных установок. По-видимому, проблема здесь в низких эксплуатационных качествах установок и в культуре металлургического производства.

Многолетние натурные наблюдения за клубами пылегазовых выбросов, периодически появляющихся над огромными по размерам зданиями ККЦ ММК, привели к идее воспользоваться пространственной конструкцией в виде сферической сетки, разработанной немецким инженером и архитектором Вальтером Баурфельдом для планетария компании «Цейс» в 1925 году. Одновременно с ним

над сетчатым геодезическим куполом с конца 40-х годов XX века работал американский инженер и архитектор Ричард Бакминстер Фуллер [2]. Его геодезический купол, в основу которого был взят тетраэдр, представляет собой стержневую пространственную систему с минимальным расходом металла, большой прочностью и устойчивостью. Его павильон диаметром почти 80 м на всемирной выставке 1967 года в Монреале до сих пор остаётся самым большим в мире куполом. Фуллер разработал макет другого экологического купола, чтобы накрыть Манхеттен, создав в нём искусственный климат. Диаметр этого купола был чуть более трёх километров. Последователи Фуллера считают, что реализация его куполов заслуживает внимание. Дело лишь во времени. Идея опережает реализацию. Богатые жители Магнитогорска переезжают жить с семьями в район Банного озера, которое удалено от Магнитогорска на расстоянии более 40 км и расположено в лесу среди гор. На работу они приезжают в город. Такой проект переселения жителей на расстояние более 30 км от ММК в 70-х годах рассматривался руководством города, но по социальным мотивам отвергнут. Теперь у жителей Магнитогорска возможно появился новый шанс на долгосрочное и успешное проживание вокруг ММК, если удастся реализовать идею возведения экологического здания ЭСПЦ, заложенную в дипломный архитектурный проект 2016 года. Была построена модель и проверена идея создания экологического здания. Для этого на газовую плиту был установлен сосуд с водой. Как только вода закипела, в неё было брошено вещество, которое, соединившись с водой, образует видимый дым, и сверху был установлен на небольшом расстоянии, но дном вверх, второй сосуд большего в диаметре. При этом нижняя грань верхнего сосуда не доходила до низа внутреннего сосуда. Между внутренним сосудом с водой и наружным сосудом, закрывавшим сверху внутренний сосуд, сохранялось пространство. Пар кипящей воды с дымом, коснувшись дна наружного сосуда, опускался вниз вдоль его стен и выходил наружу вниз. Этот эксперимент подтвердил возможность устройства экологической оболочки вокруг технологического здания ЭСПЦ ММК

Здание цеха планируется расположить на участке размером 600×600 м, где до 1990 года эксплуатировались два мартеновских цеха. Специалисты магнитогорского «Гипромеца» совместно с учёными кафедры металлургии черных металлов МГТУ разработали проект технологического здания ЭСПЦ, неотъемлемым элементом которого является отделение МНЛЗ и станы горячей прокатки. С архитектурно-строительных позиций здание сохранило традиционный каркасный металлический поперечный профиль, в котором мостовые краны большой грузоподъёмности через подкрановые балки опираются на стержневые металлические колонны. В пространстве цеха на различных уровнях существуют технологические площадки для обслуживания оборудования. От уровня земли и до верха наружных колонн вдоль периметра технологического здания предусмотрено металлическое ограждение. В нём установлены приточные аэрационные проёмы и металлические ворота для транспорта. Верхняя часть колонн служит опорой для ферм, перекрывающих пролёты здания. На фермы по прогонам уложена конструкция покрытия из металлического листа. В наиболее высокой части здания проектировщики предусмотрели традиционные аэрационные фонари, через которые в атмосферу с мощным горячим потоком воздуха будет выбрасываться пыль, газы и другие вредности. Эта классическая схема аэрации диктует количество и вид аэрационных устройств, высоту и ширину зданий. Она формирует и архитектурный образ цехов с избыточными тепловыделениями. И здесь возникает вопрос: зачем организовывать в здании систему естественной вентиляции, если в ЭСПЦ будет непрерывно работать газоочистная установка, якобы ликвидирующая неорганизованные выбросы?

Взяв за основу архитектурного проектирования здания ЭСПЦ чертежи технологической части, был разработан архитектурный проект экологического корпуса. Экологическая оболочка сверху закрывает технологическое здание. Она позволит существенно увеличить объём внутреннего пространства и снизить концентрацию пылегазовых неорганизованных выбросов из конвертеров. Оболочка представляет собой лёгкое, но достаточно прочное пространственное сетчатое ограждение из фуллеровских стержневых тетраэдров, совершенно не соприкасаясь с конструкциями технологического здания.

Несущие конструкции бокового вертикального ограждения выполняются из тетраэдров, некогда разработанных Фуллером. Они опираются на металлические рамы, которые располагаются по периметру здания с шагом шесть метров и имеющие высоту шесть метров. Эти мощные рамы устанавливаются на расстоянии 18 метров от наружных стен технологического здания. В результате между плоскостью рам и стеной технологического здания образуется пространство, где будет собираться вся пыль неорганизованных выбросов. Начиная с отметки 6 м и до верха колонн технологического здания, пространственное ограждение экологической оболочки, опираясь на рамы, установлено вертикально, а затем вся ширина здания перекрывается сводом, в основу конструкции которого тоже

легли стержневые тетраэдры Фуллера. Металлическое листовое ограждение крепиться к тетраэдрам изнутри ЭСПЦ, оставив снаружи конструкции тетраэдров, что позволяет практически ликвидировать оседание пыли на них. Кроме того, будет удобно осуществлять осмотры в процессе эксплуатации несущих и ограждающих конструкций снаружи ЭСПЦ.

В этом случае загрязнённый воздух цеха, имея избыточное давление, достигнув верхней закрытой части цеха, будет опускаться сверху вниз в районе наружных стен на участке между наружными стенами технологического здания и экологической оболочки. Не исключена возможность, что пыль вернётся в рабочую зону цеха. Изучая эффективность аэрационных фонарей в цехах с избыточными тепловыделениями, измеряя в проёмах фонарей температуру уходящего горячего потока и его скорость, было выявлено, что в пространстве между проёмами фонарей и ветроотбойными щитами скапливается слой металлической пыли высотой до трёх метров [3]. Это явление было использовано при проектировании экологической оболочки, закрывающей технологическое здание цеха. Следует отметить, что при использовании в зданиях ЭСПЦ и ККЦ газоочистных установок очищенный ими воздух не должен выбрасываться наружу. Он должен подаваться в рабочую зону, способствуя перемещению неорганизованной пыли. В результате вся пыль будет естественным путём собрана в пространстве между технологическим зданием и экологической оболочкой, откуда она вручную или механизированными способами может быть вывезена. Вдоль периметра ЭСПЦ целесообразно осуществлять посадку деревьев и увлажнять собранную пыль. При этом микроклимат внутри цеха ухудшится, повысится температура в интерьерном пространстве и увеличится запылённость и загазованность в нём. Следует заняться комфортностью микроклимата, возможно с использованием индивидуальных средств защиты организма рабочих, но при этом будут ликвидированы запылённость и загазованность территории вне ММК.

ВЫВОДЫ

Мечту Ричарда Бакминстера Фуллера, разработавшего экологический геодезический купол пролётом до трёх километров, авторы попытались осуществить в дипломном архитектурном проекте, перекрыв технологическое здание ЭСПЦ ММК, разработанное кафедрой чёрной металлургии МГТУ совместно с проектировщиками магнитогорского «Гипромеза». В экологическом здании неорганизованные выбросы не выбрасываются в атмосферу города, а естественным путём собираются на земле в специальном пространстве, где утилизируются и вновь используются в технологическом процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосихин, В. С. Экология, градостроительство и архитектура Магнитогорска (экологические основы архитектурного проектирования): конспект лекций [Текст] / В. С. Федосихин, А. Ю. Феропонтов. – Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2001. – 164 с. – ISBN 5-89514-229-X.
2. Элькина, Мария. Ричард Бакминстер Фуллер: многогранник как предчувствие [Электронный ресурс] / Мария Элькина // Architectural fantasy. – 2014. – 23 июня г. – Режим доступа : <http://artelectronics.ru/posts/richard-bakminster-fuller-mnogogrannik-kak-predchuvstvie>.
3. Федосихин, В. С. Экологическая архитектура для зданий металлургических предприятий [Текст] / В. С. Федосихин // Современные проблемы архитектуры, изобразительного искусства и дизайна : Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 1 / М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образованию ГОУ ВПО «Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова» ; [редкол.: Шенцова О. М. и др.]. – Магнитогорск : изд. МГТУ, 2007. – С. 169–172.
4. Федосихин, В. С. Сергей Чернышев – автор жилого квартала № 1 в Магнитогорске [Текст] / В. С. Федосихин // Архитектура. Строительство. Образование. – 2016. – № 1 (7). – С. 118–124.

Получено 10.03.2016

В. С. ФЕДОСИХИН, Н. В. НОЗДРИН, В. С. САЧКОВ
АРХИТЕКТУРА ЭКОЛОГИЧНОГО ЕЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХУ
МАГНІТОГОРСЬКОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМБІНАТУ
Інститут будівництва, архітектури і мистецтва, Магнітогорський державний технічний університет імені Г. І. Носова

Викладена архітектурна частина розробленого дипломного проекту екологічної будівлі електросталеплавильного цеху (ЕСПЦ) для Магнітогорського металургійного комбінату (ММК), в

якому над технологічною будівлею, що має тільки зовнішні стіни при ліквідації покрівлі, встановлено металевий без прорізів у покритті ковпак просторової конструкції. Неорганізовані шкідливості самі відкладаються уздовж периметра цеху на рівні землі в просторі між технологічною будівлею та екологічним ковпаком. Досліджувана модель архітектурного об'єкта показала непогані результати.
архітектура, електросталеплавильний цех, шкідливості, технологічне будівля, аерація, екологічна оболонка, склад пилу

VLADIMIR FEDOSIKHIN, N. NOZDRIN, V. SACHKOV
ARCHITECTURE ENVIRONMENTAL ELECTRIC STEELMAKING SHOP AT
THE MAGNITOGORSK METALLURGICAL COMBINE
Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical
University

It has been given the architecture, designed degree project of ecological building meltshop (EAF) for the Magnitogorsk Metallurgical Combine (MMK), which over the building process, having only the exterior walls in the liquidation of the roof, installed a metal with no openings in the cap covering the spatial structure. Fugitive harm themselves are laid along the perimeter of the plant at ground level in the space between the building technology and ecological cap. We investigated the architectural model of the object and showed satisfactory results.
architecture, steel melting shop, harm, technological building, aeration, environmental shell, warehouse dust

Федосіхін Володимир Сергійович – д. т. н., професор кафедри архітектури Інституту будівництва, архітектури та мистецтва, Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова. Наукові інтереси: архітектурна екологія Магнітогорська та збереження пам'яток архітектури соціалістичного Магнітогорська.

Ноздрин Н. В. – студент Інституту будівництва, архітектури та мистецтва, Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова.

Сачков В. С. – студент Інституту будівництва, архітектури та мистецтва, Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова.

Федосихин Владимир Сергеевич – д. т. н., професор кафедри архітектури Інституту строительства, архітектури и искусства Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова. Научні інтереси: архітектурна екологія Магнітогорська и сохранение памятников архитектуры социалистического Магнітогорська.

Ноздрин Н. В. – студент Інституту строительства, архітектури и искусства, Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова.

Сачков В. С. – студент Інституту строительства, архітектури и искусства, Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова.

Fedosihin Vladimir – D.Sc. (Eng.), Professor, Architecture Department, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University. Scientific interests: Architectural Magnitogorsk ecology and conservation of monuments socialist Magnitogorsk.

Nozdrin N. – student, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Sachkov V. – student, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University.

УДК 69.003

Е. В. СЕКО, Т. Ш. УРУНОВ

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Актуальность темы обусловлена тем, что горная промышленность является одной из важнейших составляющих экономики страны. Перспективы ее развития в значительной мере зависят от возможности использования в этом процессе потенциала строительного комплекса страны. В работе рассматриваются подходы к оценке перспектив формирования производственной программы строительного комплекса, зависящих от потребностей развития горно-металлургической составляющей народного хозяйства, связанные с возможным строительством, расширением и техническим перевооружением горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятий. Возможность применения предлагаемых подходов иллюстрируется на примере производства меди. Результат этого анализа – статистическое подтверждение истощения ресурсной базы страны и отсталость обогатительных заводов в техническом развитии. Решением задачи является разработка новых месторождений и строительство современных горно-металлургических предприятий. В результате исследования предложены оценки возможных объемов строительства предприятий в данной отрасли на ближайшую перспективу.

строительство, инвестиции, горно-обогатительные предприятия, промышленно-строительный комплекс, медь

Производство меди в России

Согласно USGS, по уровню запасов меди Россия занимает 7 место (30 млн тонн). По итогам 2014 г. было добыто 668 тыс. тонн, при этом на медно-никелевые пришлось 348 тыс. тонн, оставшаяся часть – в основном медно-колчеданные руды.

Производство рафинированной меди в России составляет около 4 % мирового объема. Российская медная отрасль характеризуется высокой степенью концентрации, рынок контролируется тремя производителями – ГК «Норильский Никель», «Уральская горно-металлургическая компания» и «Русская медная компания».

Крупнейшим производителем рафинированной меди России [1] в 2012 году стало ОАО «УГМК», в состав которого входит крупнейший производственный актив отрасли – завод «Уралэлектромедь». Третий год подряд эта компания опережает ОАО «ГМК Норильский Никель» по производственным показателям. В настоящее время на заводе производится около 44 % российской рафинированной меди.

Вторым российским производителем рафинированной меди является ОАО «ГМК "Норильский никель"», объемы производства которого составляют около 40 % общероссийского производства.

Третьим по величине производителем рафинированной меди в России является ЗАО «РМК», которое располагает тремя производственными активами на территории страны, производящими около 17 % российской рафинированной меди.

С учетом ввода в эксплуатацию проектов добычи меди (рисунок) в России в средней и долгосрочной перспективе прирост в добыче будет незначительным, что связано с истощением запасов ряда проектов и недостаточным количеством ввода в эксплуатацию новых проектов [2].

Себестоимость производства меди примерно равна $1,2 \$ / \text{кг} = 1\,200 \$ / \text{тонн}$, что в рублевом эквиваленте на момент написания текста статьи (март 2016 г.) составляет 81500 руб./тонну. Средняя норма амортизации на горных предприятиях согласно нашим оценкам приблизительно равна 8 %, что округленно составляет 7 000 руб. / год на 1 тонну. Средний срок службы активов на горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятиях примем для укрупненных оценок равным 15 годам [3–4].

© Е. В. Секо, Т. Ш. Урунов, 2016

Таблица 1 – Прогноз производства/потребления рафинированной меди в России*¹

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Производство, тыс. тонн	1 023	1 027	1 033	1 041	1 057	1 074	1 080
Потребление рафинированной меди, тыс. тонн	736	752	768	782	797	810	823

*С учетом лома

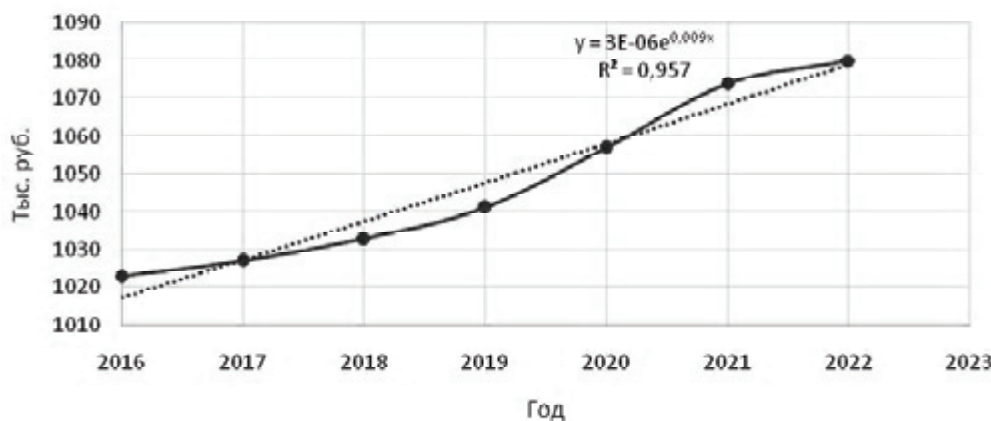


Рисунок – Динамика объемов производства меди и ее аппроксимация.

Исходя из этих предположений для выработки 1 т меди за счет освоения новых месторождений и создания новых горно-перерабатывающих предприятий необходимо иметь активы, стоимость которых составляет около 100 000 руб. / т. Эту величину будем называть в дальнейшем прогнозируемой капиталоемкостью строительства горных предприятий.

Таким образом, грубую оценку объема финансирования строительства горных предприятий в медной подотрасли при предположении, что весь прирост производства потребует капиталовложений в строительство новых предприятий, расширение и техническое перевооружение уже существующих, можно получить, умножив ежегодный прогнозируемый прирост производства меди в абсолютном выражении на удельную прогнозируемую капиталоемкость строительства предприятий.

Проведенная нами статистическая обработка данных прогноза по производству меди в России до 2022 года позволила построить его экспоненциальную аппроксимацию, уравнение которой имеет вид: $Y = 3 \cdot 10^{-6} e^{0,0098x}$ (здесь Y – прогнозируемый объем производства меди, x – время в годах). Показатель экспоненты в этом уравнении можно интерпретировать как прогнозируемый средний темп прироста производства меди в интервале 2016–2022 гг. Из уравнения следует, что предполагаемый темп прироста составляет около 1 % к уровню предыдущего года.

Например, для 2021 г. в абсолютном выражении это дает прогнозируемый прирост объема производства меди $1\,074 \text{ тыс. тонн} \cdot 0,01 = 10,7 \text{ тыс. тонн}$. Это соответствует капиталоемкости мероприятий по строительству горных производств, которые должны быть выполнены к началу этого года, $K = 100\,000 \cdot 10,7 \cdot e^{-3} \approx 8,7 \text{ млрд руб.}$

Для данных, которые использовались в этой работе в качестве примера, результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценки объемов инвестиций в строительство горных предприятий по годам

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Всего
Млрд руб.	8,3	8,4	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	59,7

На прогнозируемом интервале объем финансирования (без учета инфляции) может быть оценен в 59,7 млрд руб.

¹Приказ Минпромторга России от 05.05.2014 N 839 «Об утверждении Стратегии развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года и Стратегии развития цветной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годовой отчет ПАО «ГМК "Норильский Никель"» за 2014 год [Электронный ресурс] / Норильский Никель. – [Б. м. : б. и.], 2014. – 239 с. – Режим доступа : http://www.nornik.ru/assets/files/GO_2014_Norilskij-nikel_Light.pdf.
2. Pechenga Nickel copper mine [Электронный ресурс] : Asset report // WoodMackenzie. – Feb 2016. – 6 p. – Режим доступа : <http://www.woodmac.com/reports/metals-pechenga-nickel-copper-mine-16249611>.
3. Didipio copper mine [Электронный ресурс] : Asset report // WoodMackenzie. – Nov 2015. – 10 p. – Режим доступа : <http://www.woodmac.com/reports/metals-didipio-copper-mine-16303756>.
4. Global copper short-term outlook February 2016 [Электронный ресурс] : Commodity market report // WoodMackenzie. – February 2016. – Режим доступа : <http://www.woodmac.com/reports/metals-global-copper-short-term-outlook-february-2016-36955717>.

Получено 11.03.2016

Є. В. СЕКО, Т. Ш. УРУНОВ
ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИХ
ПІДПРИЄМСТВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ
ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого»

Актуальність теми обумовлена тим, що гірничо-промисловість є однією з найважливіших складових економіки країни. Перспективи її розвитку значною мірою залежать від можливості використання в цьому процесі потенціалу будівельного комплексу країни. В роботі розглядаються підходи до оцінки перспектив формування виробничої програми будівельного комплексу, які залежать від потреб розвитку гірничо-металургійної складової народного господарства, пов'язані з можливим будівництвом, розширенням і технічним переозброєнням гірничовидобувних та гірничо-переробних підприємств. Можливість застосування запропонованих підходів ілюструється на прикладі виробництва міді. Результат цього аналізу – статистичне підтвердження виснаження ресурсної бази країни та відсталість збагачувальних заводів у технічному розвитку. Рішенням задачі є розробка нових родовищ і будівництво сучасних гірничо-металургійних підприємств. У результаті дослідження запропоновано оцінки можливих обсягів будівництва підприємств у даній галузі на найближчу перспективу.

будівництво, інвестиції, гірничо-збагачувальні підприємства, промислово-будівельний комплекс, мідь

EVGEN SEKO, TIMUR URUNOV
PROSPECTS FOR THE CONSTRUCTION OF MINING AND METALLURGICAL
ENTERPRISES IN MODERN CONDITIONS
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peter the Great St.
Petersburg Polytechnic University»

Objective of the study shows the reject disposal problem in the mining industry. In this year the plant reported a decrease in the output of nickel and copper in the plant's concentrate compared to last year's, with was due to overall deterioration in the quality of the processed ores. The main factor causing reduction output was lower supply of feedstock. The solution of this problem is the opening of a deposit and construction of modern mining enterprises. The study showed main factor causing reduction output was lower supply of feedstock but the metals demand goes up. The solution of this problem is the opening of a deposit and construction of modern mining enterprises. The study proposed the evaluation of the possible volume of construction enterprises in the industry in the near future.

construction, investment, mining and processing enterprise, industrial and building complex, copper

Секо Євген Валерійович – кандидат економічних наук, доцент кафедри будівництва унікальних будівель і споруд ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого».

Урунов Тимур Шермухаммадович – бакалавр, студент магістратури ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого».

Секо Евгений Валерьевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры строительства уникальных зданий и сооружений ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Урунов Тимур Шермухаммадович – бакалавр, студент магистратуры ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Seko Evgen – Ph.D. in Economics, Associate Professor, Construction of Unique Buildings Department, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University».

Urunov Timur – Bachelor's, Master's student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University».

УДК 69.003.13

Р. А. ГИЛЕМХАНОВ, Н. В. БРАЙЛА

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ПРОЕКТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

Статья посвящена совершенствованию механизма проектного финансирования инвестиционно-строительных проектов (ИСП). В России в рамках проектного финансирования в основном реализуются проекты в нефтегазовой отрасли, инфраструктура же рассматривается как низкоприбыльное направление. Тем не менее осуществление проектов в таких отстающих отраслях обладает большим потенциалом. Решение вопроса привлечения государством частного финансирования в строительство инфраструктурных и промышленных объектов – одно из приоритетных направлений, особенно в период экономического кризиса. Существует большое количество сложностей для решения этой задачи, в том числе и недоработанность конкретного механизма реализации проектного финансирования в этих областях, что связано как с пробелами в законодательстве, так и с индивидуальностью каждого проекта. Результатом исследования стала предложенная схема проектного финансирования ИСП на основе проектной компаний. Также изложены принципы проектного финансирования, позволяющие эффективно привлекать и использовать заемные средства.

инвестиционно-строительный проект, проектное финансирование, банк, заем

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Улучшение качества жизни населения – это важнейшая задача каждого государства. Этому, кроме множества других факторов, также способствует строительство инфраструктурных, в том числе социальных, и промышленных объектов (дороги, мосты, больницы, спортивные сооружения, заводы и т. п.). В настоящее время в отечественной экономике наблюдается волатильность и кризисные явления, отток капитала, связанные с курсом национальной валюты и действиями санкции в отношении России. Как следствие, наблюдается нехватка средств для реализации важных инфраструктурных объектов. Привлечение инвесторов для претворения в жизнь таких проектов – сложно реализуемая идея. Зачастую причинами этого являются требуемый масштаб вкладываемых инвестиций и низкая эффективность их использования. Однако особенно в сложившихся условиях важно наладить механизм привлечения частного бизнеса в данный сектор. Трудность заключается в том, что в условиях относительной экономической нестабильности частный инвестор остерегается проектов с длинным сроком окупаемости и высоким риском. Поэтому для обеих сторон требуется механизм, который учитывал бы интересы и риски всех участников проекта. Очевидно, что максимально действенным механизмом является проектное финансирование ИСП. Однако в отечественной нормативной базе отсутствует утвержденный механизм взаимодействия участников строительного процесса в рамках проектного финансирования.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Научные исследования, касающиеся развития проектного финансирования инвестиционно-строительных проектов, представлены достаточно хорошо. Наиболее близкие последние работы по данной тематике являются труды Р. С. Кабирова [1] и С. А. Тульского [2–3]. Однако авторами не предложены механизмы взаимодействия участников проекта.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предложить механизм реализации проектного финансирования инвестиционно-строительных проектов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В данной статье под проектным финансированием понимается инструмент привлечения долгосрочного заемного финансирования крупных инвестиционно-строительных проектов, при этом обеспечением по кредиту являются будущие денежные потоки, генерируемые самим объектом инвестирования. Таким образом, успешность применения данного метода полностью зависит от рентабельности самого проекта, то есть корректной оценки денежных потоков, рисков и т. д.

Принципы, заложенные в данном механизме, позволяют эффективно осуществлять реализацию ИСП, к ним относятся:

1. Обособленность проекта. Реализация ИСП осуществляется на базе вновь создаваемой проектной компании (Special Purpose Vehicle, SPV). Это позволяет проекту быть экономически и юридически обособленным, что обеспечивает возможность полного контроля всех процессов, в том числе движения денежных средств.

2. Распределение рисков. Суть принципа заключается в том, что ответственность за конкретный риск несет определенный участник проекта, обладающий компетенцией в данной области, тем самым позволяя эффективно осуществлять свою деятельность. К примеру, строительные риски (срыв сроков строительства, брак в выполненных работах и т. п.) несет подрядчик, а риск отсутствия финансирования несет инициатор проекта.

3. Доходности. Каждый участник получает долю прибыли от реализации проекта и это главный стимул, чтобы стремиться максимизировать ее за счет эффективной деятельности.

4. Приоритет денежного потока над активами. Будущая прибыль является главным и часто единственным обеспечением займа.

5. Дифференцированности. Использование инструмента для реализации инвестиционно-строительного проекта возможно в случае его подтвержденной эффективности и рентабельности.

На данный момент не существует официально утвержденного механизма реализации проектного финансирования ИСП. На рисунке авторами предложена структура проектного финансирования ИСП с допущением, что у определенных проектов с учетом их особенностей могут отсутствовать некоторые элементы, либо добавляться новые.

В предложенной схеме (рисунок) главным элементом является проектная компания (SPV), в задачи которой входит принятие стратегических управленческих решений, регулирование вопросов с кредиторами, а также выбор максимально надежных партнеров непосредственно для осуществления ИСП.

Отметим, что генеральный подрядчик, в зону ответственности которого входит проектирование и строительство (обе функции может выполнять одна компания) берет на себя функцию возведения здания/ сооружения, то есть сдачу объекта «под ключ». В свою очередь, чтобы не срывать графики сдачи объекта, генеральный подрядчик может привлекать субподрядные компании.

Основной капитал инвестиционного проекта составляют заемные средства, которые привлекаются на отечественных и международных финансовых рынках с различными видами вхождения в проект (эмиссия акций, выпуск облигации и т. п.). Банковские ссуды является самым популярным источником заемных средств в строительстве. Проектная компания может привлекать средства одновременно от нескольких банков, а сами банки могут образовывать консорциум. По мнению авторов, помимо роли поставщика денежных средств, банкам (консорциуму) также целесообразно отдать роль финансового консультанта, так как они заинтересованы в эффективности финансовой структуры проекта, поскольку от этого зависит их будущая прибыль от участия в проекте.

Также на рисунке отображены прочие элементы структуры.

ВЫВОДЫ

Проектное финансирование позволяет эффективно осуществлять реализацию инвестиционно-строительного проекта за счет принципов: обособленности, распределения рисков, доходности, приоритета денежного потока над активами, дифференцированности.

Проектное финансирование позволяет привлекать крупномасштабные средства в реализацию социально важных проектов за счет использования всех доступных средств на рынке.

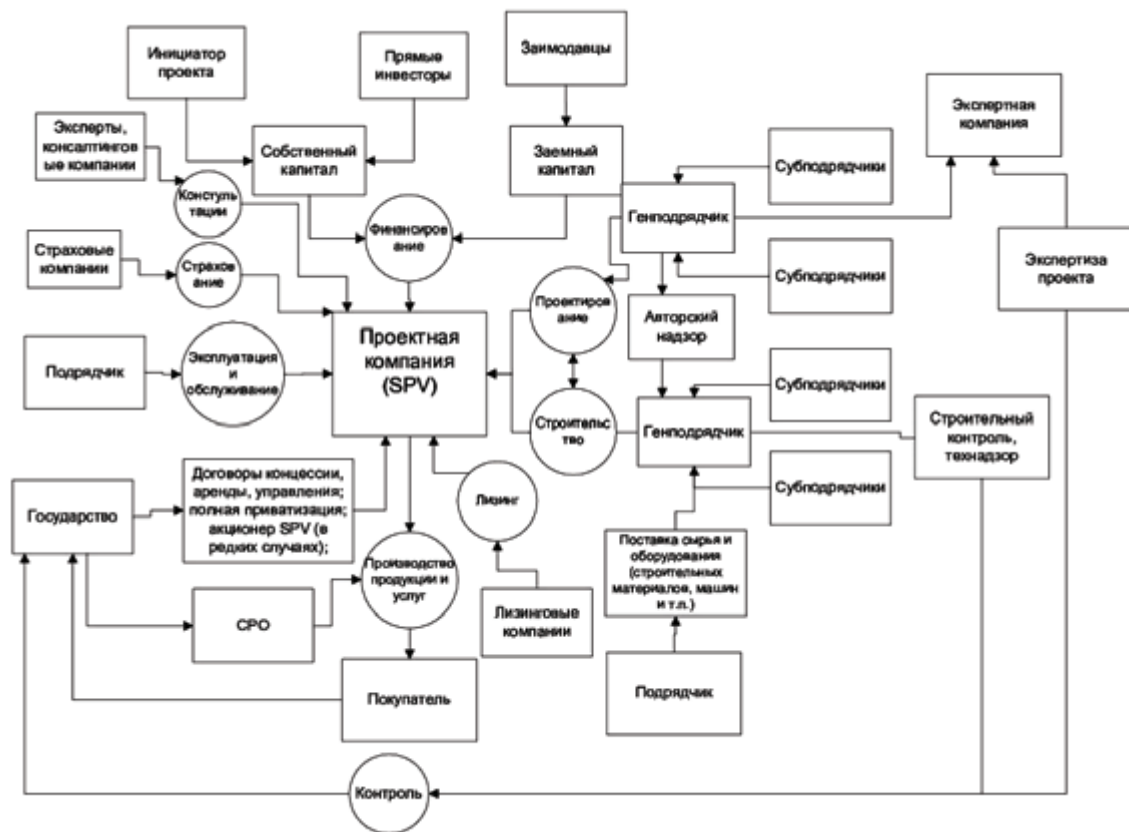


Рисунок – Предлагаемая схема проектного финансирования ИСП

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабирова, Р. С. Проектное финансирование регионального строительства [Текст] / Р. С. Кабирова // Российское предпринимательство. – 2012. – № 19 (217). – С. 78–82.
2. Тульский, С. А. Проблемы и перспективы развития проектного финансирования в современной России [Текст] / С. А. Тульский // Молодой ученый. – 2014. – № 1. – С. 442–446.
3. Vialeta, K. V. Arrangement of financing for highway infrastructure projects under the conditions of Public-Private Partnership [Текст] / K. V. Vialeta // IATSS Research. – 2015. – № 2. – P. 35–39.

Получено 14.03.2016

Р. А. ГЛЕМХАНОВ, Н. В. БРАЙЛЯ
 ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРОЕКТНОГО ФІНАНСУВАННЯ
 ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ
 ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзький політехнічний університет Петра Великого»

Стаття присвячена питанням удосконалення механізму проектного фінансування інвестиційних проектів. У Росії в рамках проектного фінансування, в основному, реалізуються проекти в нафтогазовій галузі, інфраструктура розглядається як низько прибутковий напрямок. Однак здійснення проекту у таких відстаючих галузях має великий потенціал. Вирішення питання залучення державою приватного капіталу в будівництво інфраструктурних та промислових об'єктів є одним з пріоритетів, особливо в період економічної кризи. Існує багато труднощів для вирішення цієї проблеми, включаючи конкретні невідповідності механізму фінансування проектів в цих галузях, що пов'язано як з прогалинами в законодавстві, так і з індивідуальністю кожного проекту. В результаті була запропонована схема проектного фінансування ІБП на основі проектною компанії. Також викладено принципи проектного фінансування, які дозволяють ефективно залучати і використовувати позикові кошти.
інвестиційно-будівельний проект, проектне фінансування, банк, позика

RUSTAM GILEMCHANOV, NATALYA BRAILA
IMPROVEMENT OF MECHANISMS OF PROJECT FINANCING INVESTMENT
AND CONSTRUCTION PROJECTS

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University»

The article devoted to the improvement of the mechanism of project financing in the implementation of investment construction projects. In the authors opinion, this will allow the state to attract private funding in the construction of infrastructure and industrial facilities, which is important for the country's development in the era of economic crisis. However, in Russia projects in the framework of project financing are carried out in the oil and gas industry, and infrastructure remains an unattractive investment. The authors believe that this financing is lagging in those industries that have great potential. However, there are a lot of difficulties to solve this problem, including the specific mechanism of project financing in these areas. The result of the study was the scheme of project financing of investment projects on the basis of project companies.

investment and construction projects, project financing, bank loan, loan, borrowed money

Гилемханов Рустам Айдарович – магистрант кафедры будівництва унікальних будівель і споруд ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзького державного політехнічного університету Петра Великого». Наукові інтереси: управління проектами, економіка будівництва.

Брайла Наталія Василівна – к. т. н., доцент кафедри будівництва унікальних будівель і споруд ФДАОУ ВО «Санкт-Петербурзького державного політехнічного університету Петра Великого». Наукові інтереси: економіка будівництва.

Гилемханов Рустам Айдарович – магистрант кафедры строительства уникальных зданий и сооружений ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного политехнического университет Петра Великого». Научные интересы: управление проектами, экономика строительства.

Брайла Наталья Васильевна – к. т. н., доцент кафедры строительства уникальных зданий и сооружений ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного политехнического университет Петра Великого». Научные интересы: экономика строительства.

Gilemchanov Rustam – Master degree student, Construction of Unique Buildings Department, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University». Scientific interests: project management, construction economics.

Braila Natalia – Ph.D., Associate Professor of Construction of Unique Buildings Department, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University». Scientific interests: economics of construction.

УДК 681.51:628.981

Р. С. УЛЬЯНОВ, И. А. ШИКОЛЕНКО, В. А. ЗАВЬЯЛОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕЩЕНИЯ

В данной статье рассматриваются перспективы применения концепции программно-аппаратного комплекса (ПАК) автоматического управления освещением, а также программы автоматизированной оценки качества имитации естественного освещения осветительными приборами для решения проблемы денатурации освещения. Представлена концептуальная схема ПАК, рассмотрены возможности его применения в будущем.

освещение, автоматизация, имитация, оценка

Сложно переоценить значимость освещения в повседневной жизни человека. Свет оказывает колоссальное воздействие на организм человека и зрительную систему в частности [1, с. 11–14]. В зависимости от условий освещения выстраивается социальная деятельность человека. Развитие искусственных источников света позволило человечеству существенно увеличить эффективность рабочего времени за счет минимизации зависимости от естественного освещения. Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества, получаемые с точки зрения экономической или социальной целесообразности, у данного явления есть и негативная обратная сторона, а именно существенная денатурация освещения. По своим характеристикам традиционные источники света весьма существенно отличаются от естественных эталонов, это касается как спектральной характеристики (СХ), так и режимов освещения, в том числе их динамической смены. Известно, что даже частичная денатурация освещения может приводить к различным негативным факторам таким как снижение зрительной работоспособности, изменение циркадных ритмов человека, световое голодание [2, с. 889–896]. В целях решения указанной проблемы специалистами в области светотехники и систем освещения выдвигаются различные решения по минимизации денатурации освещения. Так, например, с 2013 в странах Европы начал активно подниматься вопрос организации человеко-ориентированного освещения [3]. Для реализации решений в рамках указанной концепции целесообразно, с одной стороны, применение в качестве источников света (ИС) для указанных систем освещения светодиодных ламп с различными комбинациями монохроматических светодиодов и светодиодов белого света различной цветовой температуры, что позволит обеспечить высокую степень цветопередачи [4], с другой стороны, применение соответствующих систем диагностики и автоматического управления [5].

Коллективом авторов статьи было предложено одно из возможных решений, направленных на минимизацию негативного воздействия денатурации освещения. В рамках представленной концепции предполагается применение соответствующего устройства для автоматического управления и диагностики систем освещения, концептуальная схема которого представлена на рисунке.

Предполагается, что данное устройство будет оснащаться микрокомпьютером, вычислительная мощность которого позволит реализовать сложные программы управления и диагностики параметров световой среды в помещении. Расположив данный ПАК в помещении, возможно будет обеспечить автоматическое управление радиоуправляемыми лампами, которое будет основано на принципе обратной связи по двум каналам (освещенность и СХ), что позволит перейти к качественно новым системам освещения.

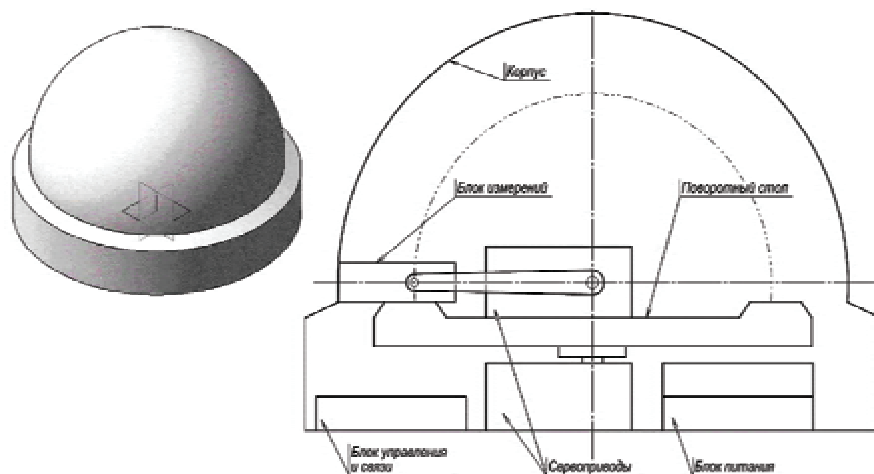


Рисунок – Концептуальная схема устройства диагностики и управления освещением.

Другой важной задачей является оценка технической возможности ИС обеспечивать необходимые характеристики освещения, приближенные к естественным эталонам. В настоящее время традиционные источники света не способны обеспечить необходимую степень адекватности имитации освещения [6], поэтому вопрос о проверке характеристик ИС в ближайшем будущем может встать особенно остро. Тем не менее в настоящее время данный вопрос детально не проработан научно-техническим сообществом. Одним из вариантов решения поставленной задачи является применение указанного выше ПАК совместно с системой автоматизированной оценки характеристик ИС. В управляющей программе ПАК может быть интегрирован модуль сбора и обработки данных о параметрах ИС, полученные данные целесообразно передавать на персональный ЭВМ специалиста для последующей оценки с помощью специализированной методики, что существенно облегчит работу специалистов в области проектирования и эксплуатации систем освещения.

На основании сказанного выше можно сделать вывод о том, что современный уровень развития науки и техники позволяет реализовать системы имитации естественного освещения, в том числе и на базе представленных выше решений. Следовательно, в обозримом будущем решения, направленные на уменьшение денатурации освещения, могут оказаться востребованными, в таком случае, по мнению коллектива авторов наиболее целесообразным решением будет максимальная интеграция средств диагностики и управления в едином ПАК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилинский, Ю. М. Электрическое освещение и облучение [Текст] / Ю. М. Жилинский, В. Д. Кумин. – М. : Колос, 1982. – 272 с.
2. Справочная книга по светотехнике [Текст] / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Знак, 2006. – 950 с.
3. Human Centric Lighting: Going Beyond Energy Efficiency [Электронный ресурс] / Lighting Europe, German Electrical and Electronic Manufacturers' Association (ZVEI). – [S. n. : s. l.], 2013. – 27 p. – Режим доступа : http://www.lightingeurope.org/uploads/files/Market_Study-Human_Centric_Lighting_Final_July_2013.pdf.
4. Исследование светодиодных источников света на принципе RGB смешения с высокими индексами цветопередачи [Текст] / Н. А. Тальнишних, А. Е. Черняков, А. В. Аладов [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Том 16, № 4-3. – С. 631–635.
5. Перспективы применения автоматизированного комплекса управления и диагностики систем управляемого освещения [Текст] / В. А. Завьялов, Р. С. Ульянов, Р. О. Чернов, И. А. Шиколенко // Научное обозрение. – 2016. – № 1. – С. 37–41.
6. Исследование степени адекватности излучения bluetooth RGBW СИД лампы солнечному свету [Текст] / Ю. Л. Беккер, В. А. Завьялов, Р. С. Ульянов, И. А. Шиколенко // Естественные и технические науки. – 2015. – № 11. – С. 416–418.

Получено 15.03.2016

Р. С. УЛЬЯНОВ, И. А. ШИКОЛЕНКО, В. А. ЗАВ'ЯЛОВ
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ
ДІАГНОСТИКИ І ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЕННЯ
ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет»

У даній статті розглядаються перспективи застосування концепції програмно-апаратного комплексу (ПАК) автоматичного управління освітленням, а також програми автоматизованої оцінки якості імітації природного освітлення освітлювальними приладами для вирішення проблеми денатурації освітлення. Представлена концептуальна схема ПАК, розглянуті можливості його застосування в майбутньому.

освітлення, автоматизація, імітація, оцінка

ROMAN ULYANOV, ILYA SHIKOLENKO, VLADIMIR ZAVIALOV
PROSPECTS OF APPLICATION OF AUTOMATED COMPLEX FOR DIAGNOSIS
AND EVALUATION OF PARAMETERS OF LIGHTING
FSEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering»

This article discusses the prospects for applying the concept of hardware and software (PAC) automatic lighting control and automated software quality assessment simulate daylight lighting equipment to solve the problem of denaturation lighting. The conceptual diagram of PAA, the possibilities of its application in the future.

lighting, automation, simulation, evaluation

Ульянов Роман Сергійович – асистент кафедри електротехніки та електроприводу ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: автоматизація інженерних систем, системи освітлення. Автоматичне управління.

Шиколенко Ілля Андрійович – асистент кафедри електротехніки та електроприводу ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: автоматизація інженерних систем, системи освітлення. Автоматичне управління.

Зав'ялов Володимир Андрійович – доктор технічних наук, професор кафедри електротехніки та електроприводу ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: автоматизація технологічних процесів та виробництв в будівельній галузі, системи освітлення, теорія автоматичного управління.

Ульянов Роман Сергеевич – асистент кафедры электротехники и электропривода ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Научные интересы: автоматизация инженерных систем, системы освещения. Автоматическое управление.

Шиколенко Илья Андреевич – асистент кафедры электротехники и электропривода ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Научные интересы: автоматизация инженерных систем, системы освещения. Автоматическое управление.

Завьялов Владимир Андреевич – доктор технических наук, профессор кафедры электротехники и электропривода ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Научные интересы: автоматизация технологических процессов и производств в строительной отрасли, системы освещения, теория автоматического управления.

Ulyanov Roman – Assistant, Electrical Engineering and Drives Department, FSEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: automation engineering systems, lighting systems. Automatic control.

Shikolenko Ilya – Assistant, Electrical Engineering and Drives Department, FSEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Graduate student. Scientific interests: automation engineering systems, lighting systems. Automatic control.

Zavyalov Vladimir – D.Sc. (Eng.), professor, Electrical Engineering and Electric Department, FSEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Graduate student. Scientific interests: the automation of technological processes and works in the construction industry, lighting systems, automatic control theory.

УДК 621.878.2

Л. В. ПРОКОПЕНКО, М. С. ЛОГИНОВ, М. В. ЦЫГАНКОВ, Л. А. ШИРОКОВ, Е. Н. РОМАНЕНКО
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

В данной статье рассматриваются основные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в промышленных и жилищно-коммунальных системах. Поднимаются вопросы необходимости интегрированной системы автоматического управления. Рассматривается внедрение системы автоматического управления в индивидуальный тепловой пункт.

интегрированная система автоматического управления, индивидуальный тепловой пункт, система автоматизированного управления, внедрение автоматизированных систем управления

В наши дни вопросам энергосбережения и энергоэффективности работы уделяется огромное значение. На многих уровнях федеральной власти разрабатываются мероприятия и программы по энергосбережению, энергоэффективности.

Примерами таких мероприятий может послужить указ № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», подписанный 4 июня 2008 г. Президентом РФ и Федеральный Закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...», принятый 23 ноября 2009 г., в котором были определены приоритеты и национальные цели в области энергосбережения.

В нынешних условиях нехватки финансирования решать вопросы инвестирования в технологии подобного типа очень сложно.

Поэтому более актуальными и часто рассматриваемыми проектами являются такие проекты, в которых видна реальная отдача и прогресс, которые сразу после внедрения начинают приносить ощутимый эффект. Особенно популярны комплексные проекты, которые дают эффект сразу по нескольким направлениям. Таким мероприятием является внедрение автоматизированных энергоэффективных систем управления.

Системы автоматизированного управления характеризуются быстротой внедрения и небольшим сроком окупаемости. Они позволяют получить экономию электроэнергии и воды, обеспечить ресурсосбережение работающего оборудования, значительно повысить качество услуг.

Важными экономическими результатами внедрения автоматизированных систем управления в процессы водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения являются:

- экономия электроэнергии до 30 %;
- увеличение ресурса эксплуатации трубопроводов и оборудования в 1,5–2,0 раза;
- сокращение числа аварий на объектах в несколько раз;
- создание резерва по электроснабжению;
- экономия до 30 % потерь воды за счёт высокой точности поддержания графика давления в сетях тепло- и водоснабжения;
- обеспечение устойчивости и надежности функционирования систем водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения;
- возможность в режиме реального времени реагировать на возникновение внештатных ситуаций;
- снижение экологической нагрузки на окружающую среду;
- получение в режиме реального времени информации о работе систем жизнеобеспечения;

© Л. В. Прокопенко, М. С. Логинов, М. В. Цыганков, Л. А. Широков, Е. Н. Романенко, 2016

- автоматическое архивирование информации о работе систем жизнеобеспечения и о произошедших авариях;
- возможность управления в автоматическом режиме по установленному графику (параметрам) и минимизация роли «человеческого фактора»;
- улучшение качества и обеспечение доступности жилищно-коммунальных услуг для населения и других потребителей;
- сокращение численности обслуживающего персонала [1].

Создание систем автоматизированного управления инженерным оборудованием зданий и сооружений является новейшим направлением в области промышленной и жилищно-коммунальной автоматизации, которое определяется как комплексный набор технических средств и программного обеспечения для построения интегрированной системы автоматизации инженерных подсистем. К таким подсистемам относятся отопление, водоснабжение, кондиционирование, освещение, подсистемы доступа, охраны и безопасности и ряд других.

Автоматизация управления оборудованием системы отопления даёт ряд неоспоримых преимуществ:

- снижение энергозатрат;
- снижение эксплуатационных издержек;
- технологичность процесса управления объектом с возможностью составить индивидуальную программу работы для каждой подсистемы.
- контроль износа оборудования и действий персонала;
- упрощение управления системой в целом и, как следствие, предупреждение и предотвращение аварийных ситуаций [2].

Для достижения экономических результатов комплексного подхода к внедрению автоматизированных систем управления необходимо выполнить следующие задачи:

1. Исследовать объект управления (ОУ).

При проведении исследования объекта ставятся цели, требующие не только анализа и выявления проблем, но и обоснования рекомендаций, предложенных для их разрешения. Для достижения цели исследования необходимо четко определить основные понятия: объект, предмет, новизна, практическая значимость, методы исследования; знать технологии управления, уметь определять проблему в исследовании процессов и систем управления, осуществлять системный анализ факторов прямого и косвенного воздействия, понимать эффективность, ограничения и условия использования различных методов.

2. Определить границы автоматизации.

При определении границ автоматизации ограничивается область автоматизации отдельных его подсистем, образующих одну общую систему. Оценивается возможность и необходимость в автоматизировании конкретной подсистемы, её эффективность и т. д.

3. Подобрать необходимое оборудование.

Подбор необходимого оборудования осуществляется по техническим характеристикам каждого устройства. К этим устройствам относятся: исполнительные механизмы, датчики, силовое оборудование, контроллеры.

4. Создать алгоритм автоматизированного функционирования и выявления аварийных ситуаций.

5. Наладить оборудование в соответствии с заданным алгоритмом.

Проводится выявление наиболее оптимальных параметров оборудования и задается алгоритм с целью успешного их функционирования для выполнения необходимой задачи.

6. Интегрировать подсистему автоматизации теплового пункта в систему автоматизированного диспетчерского управления [2].

В статье рассмотрено внедрение интегрированной системы автоматического управления в систему отопления, а именно в индивидуальный тепловой пункт (рис. 1).

Тепловой пункт состоит из двух контуров теплоносителей:

1. Внешний контур – теплоноситель, поступающий из городской системы теплоснабжения. Здесь используется трёхходовой клапан для регулирования температуры.

2. Внутренний контур – теплоноситель, принудительно циркулирующий по отопительным приборам системы отопления здания. Здесь используется насос для обеспечения принудительной циркуляции.

В процессе работы в тепловом пункте находится дежурный. Дежурный регулярно производит визуальный осмотр, проверяет параметры контуров (Т, Р), фильтры на подающем и обратном трубопроводе, снимает показания с приборов и производит учёт теплоты, которую потребляет здание.

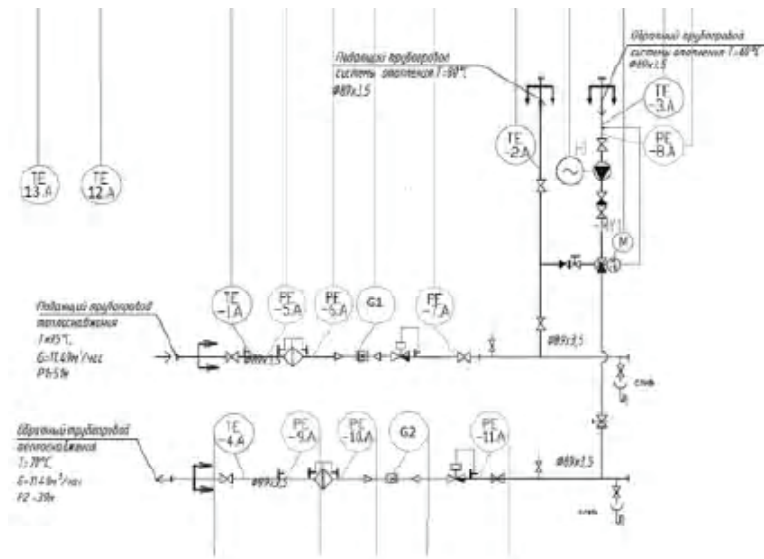


Рисунок 1 – Функциональная схема теплового пункта.

Комплект контрольно-измерительного оборудования для создания системы автоматизации, должен обеспечивать измерение и регистрацию следующих параметров:

G1, G2 – расход и масса теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах внешнего контура соответственно;

TE1, TE4 – температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах внешнего контура соответственно;

PE5, PE9 – давление в подающем и обратном трубопроводах внешнего контура соответственно;

PE8 – давление в обратном трубопроводе внутреннего контура системы отопления;

TE2, TE3 – температура воды в подающем и обратном трубопроводе внутреннего контура системы отопления соответственно;

TE12 – температура наружного воздуха;

TE13 – температура воздуха в контрольном помещении;

PE6, PE10 – датчики давления, контролирующие фильтры в подающем и обратном трубопроводах внешнего контура соответственно;

PE7, PE11 – датчики давления, контролирующие регуляторы перепада давления в подающем и обратном трубопроводах внешнего контура соответственно.

Как можно увидеть на рисунке 2, термометры и манометры были заменены датчиками температуры (Pt 1000) и давления (4–20 mA). Регулирование положения клапана по температуре подачи во внутреннем контуре и управление насосом через преобразователь частоты обеспечивает контроллер с модулями аналогового и дискретного ввода/вывода. Данные о расходе тепловой энергии пересчитываются и отправляются в базу данных [3].

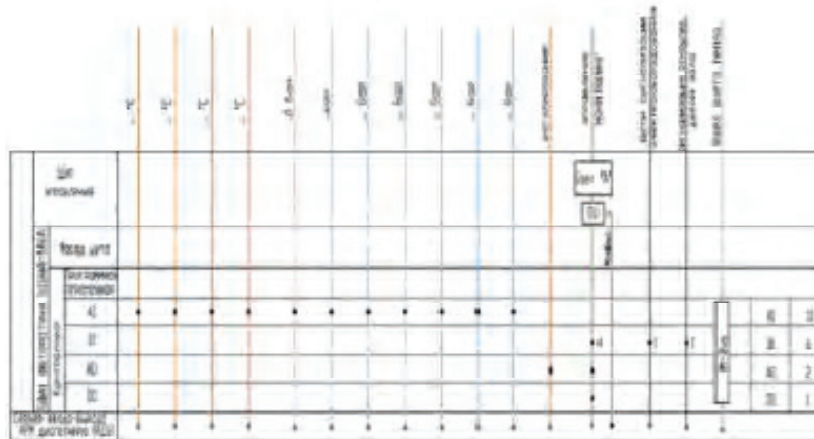


Рисунок 2 – Техническая реализация системы автоматизации

Таким образом, индивидуальные тепловые пункты являются сложными технологическими объектами с множеством контролируемых и измеряемых параметров, а также с различными контролирующими подсистемами, за которыми необходимо постоянно вести контроль, а силами одного обслуживающего персонала, без соответствующей автоматики, за всем уследить сложно. Ведь зачастую на аварийную ситуацию оператор реагирует с большим опозданием. В результате масштабы аварии могут оказаться весьма значительными и разобраться в ее причинах, в таких случаях сложнее. Все это причиняет огромный ущерб и оборачивается большими материальными затратами для обслуживающей организации [4].

Создание автоматизированной системы управления позволяет решить данные проблемы посредством обеспечения на индивидуальных тепловых пунктах безопасной работы оборудования. Также дает возможность оперативно выявлять аварийные и предаварийные ситуации. Благодаря значительному сокращению затрат на обслуживание и использование трудовых ресурсов сулит экономическую выгоду [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная система диспетчерского контроля и управления (АСДКУ) [Текст] / С. Ф. Пасюк, А. А. Русалев, А. О. Скороходов, С. П. Лохматихин // Коммунальный комплекс России. – 2012. – № 1(91). – С. 54–57.
2. Внедрение автоматизированной системы управления тепловым пунктом [Текст] / А. Б. Билалов, Д. В. Шиляев, А. Б. Петроченков [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8 (часть 1) – С. 87–92.
3. Внедрение автоматизированной системы управления тепловым пунктом [Текст] / А. Б. Билалов, Д. В. Шиляев, А. Б. Петроченков, О. А. Билоус, Ф. Р. Хабибрахманова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8–1. – С. 87–92.
4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст] : Справочное пособие / Под ред. Г. И. Стомахиной. – М. : ПАНТОРИ, 2003. – 308 с.
5. Справочник по теплоснабжению и вентиляции [Текст]. Кн.2: Вентиляция и кондиционирование воздуха / Р. В. Щекин, С. М. Корневский, Г. Е. Бем [и др.]. – 4-е изд, перераб. и доп. – К. : Будівельник, 1976. – 352 с.

Получено 16.03.2016

Л. В. ПРОКОПЕНКО, М. С. ЛОГІНОВ, М. В. ЦИГАНКОВ, Л. О. ШИРОКОВ,
Є. М. РОМАНЕНКО
ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕПЛООВОГО
ПУНКТУ
ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет»

У даній статті розглядаються основні проблеми енергозбереження і енергоефективності в промислових і житлово-комунальних системах. Піднімаються питання необхідності інтегрованої системи автоматичного управління. Розглядається впровадження системи автоматичного управління в індивідуальний тепловий пункт.

інтегрована система автоматичного управління, індивідуальний тепловий пункт, система автоматизованого управління, впровадження автоматизованих систем управління

LEONID PROKOPENKO, MAKSYM LOGINOV, MIXAIL TSYGANKOV,
LEW SCHIROKOV, EVGENY ROMANENKO
INTEGRATED SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL SUBSTATION
FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering»

This article discusses the main problems of energy saving and energy efficiency in industrial and housing systems. It has been raised a point of the need for an integrated system of automatic control. We consider the introduction of automatic control systems in individual heating unit.

integrated automatic control system, individual heater, automated control system, the introduction of automated control systems

Прокопенко Леонід Владиславович – студент ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: розвиток автоматизації і впровадження її як в промислові, так і в житлово-комунальні системи.

Логінов Максим Сергійович – студент ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: розвиток автоматизації і впровадження її як в промислові, так і в житлово-комунальні системи.

Цыганков Михайло Володимирович – студент ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: розвиток автоматизації і впровадження її як в промислові, так і в житлово-комунальні системи.

Широков Лев Олексійович – доктор технічних наук, професор ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: теорія систем і системний аналіз, оптимальне управління, САПР, інформаційні технології, інтегровані АСУ.

Романенко Євген Миколайович – аспірант кафедри інформаційних систем, технологій та автоматизації в будівництві ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет».

Прокопенко Леонид Владиславович – студент ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Научные интересы: развитие автоматизации и внедрение её как в промышленные, так и в жилищно-коммунальные системы.

Логинов Максим Сергеевич – студент ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Научные интересы: развитие автоматизации и внедрение её как в промышленные, так и в жилищно-коммунальные системы.

Цыганков Михаил Владимирович – студент ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Научные интересы: развитие автоматизации и внедрение её как в промышленные, так и в жилищно-коммунальные системы.

Широков Лев Алексеевич – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». Научные интересы: теория систем и системный анализ, оптимальное управление, САПР, информационные технологии, интегрированные АСУ.

Романенко Евгений Николаевич – аспирант кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет».

Prokopenko Leonid – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: include the development and implementation of automation in its industry, and the utility system.

Loginov Maksim – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: include the development and implementation of automation in its industry, and the utility system.

Tsygankov Mixail – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: include the development and implementation of automation in its industry, and the utility system.

Shirokov Lew – D.Sc. (Eng.), Professor, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: systems theory and systems analysis, optimal control, CAD, information technology, integrated automation.

Romanenko Evgeniy – post-graduate student, Information Systems, Technologies and Automation in Construction Department, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering».

УДК 621.878.2

П. С. КОРОЕД, Л. А. ШИРОКОВ

ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ НА БАЗЕ ВНЕДРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МАНИПУЛИРОВАНИЯ

Роботизация строительно-монтажных работ – одно из перспективных направлений, которое позволяет ускорить процесс строительства, повысить качество и безопасность выполняемых работ, а также сократить долю ручного труда. Для многоэтажных объектов автоматизация выполнения всего комплекса монтажных операций возможна лишь на основе создания роботизированных монтажных комплексов (РМК). Решение этой проблемы имеет народнохозяйственное значение, поскольку способствует разработке высокоэффективных средств комплексной механизации и автоматизации строительных операций, повышающих производительность и качество выполняемых монтажных, отделочных и штукатурных работ, снижающих их трудоемкость, освобождающих людей от вредных и опасных условий труда.

роботизированные системы манипулирования, производительность работ, механизация и автоматизация строительных операций

ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМАТИКИ ПО ВЫБРАННОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Строительство является одной из ведущих сфер экономической деятельности. С каждым днем увеличивается разнообразие выполняемых строительных проектов, возрастает сложность самого строительства. Строительные работы, как правило, отличаются повышенной сложностью и опасностью производства работ, а также монотонностью, что представляет особую трудность для рабочих. В то же время успешность любого строительного проекта определяется тремя показателями: стоимость, качество, сроки. Для повышения значений этих показателей необходимо совершенствование технологии и организации строительного производства на основе прогрессивных отечественных и зарубежных технологий. Одной из таких технологий является роботизация, которая позволяет ускорить процесс строительства, повысить качество и безопасность выполняемых работ, а также сократить долю ручного труда. Повышение эффективности строительного производства обеспечивается дальнейшим вытеснением ручных процессов, увеличением производительности применяемых средств механизации и совершенствованием технологических процессов, в основном связанных с новыми машинами и с организацией работ, обеспечивающей наилучшее использование машин.

Малые габариты и весовые характеристики подобной техники делают удобной и ее транспортировку. Роботом при помощи пульта может управлять всего один квалифицированный оператор. Поэтому подобная технология уместна в ситуациях, потенциально опасных для здоровья рабочих. Анализируя все многообразие строительных манипуляторов и роботов, представленных сейчас на рынке, в зависимости от назначения, технологической и конструктивной особенности можно найти устройства, выполняющие множество разнообразной работы.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, РАССМАТРИВАЕМОЙ В СТАТЬЕ

Однако в наше время и в нашей стране на строительной площадке до сих пор повсеместно преобладает ручной труд рабочих бригад, это может объясняться недостатком квалифицированных кадров, способных работать операторами подобных машин, сложность в выборе надежных, универсальных и хорошо оптимизированных роботов-манипуляторов. Цель этой работы показать, что эта сфера

не стоит на месте и уже сейчас на рынке можно найти множество автоматических устройств, способных удовлетворить запросы заказчиков.

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ И ПРИМЕР РЕШЕНИЯ

В результате анализа роботизации строительно-монтажных работ установлено, что одним из перспективных направлений является создание роботизированных монтажных комплексов (РМК) для крупнопанельного строительства. Для многоэтажных объектов автоматизация выполнения всего комплекса монтажных операций возможна лишь на основе построения РМК, реализующего принцип раздельно-синхронного выполнения операций, при котором часть монтажных операций выполняется раздельно специализированным оборудованием, а другая часть при их совместном синхронном взаимодействии (рис. 1). Кран обеспечивает перемещение конструкции в зону монтажа, ее предварительную установку и удержание в процессе ориентации, а монтажный робот, выполняет корректировку положения и точную ориентацию панели при монтаже.

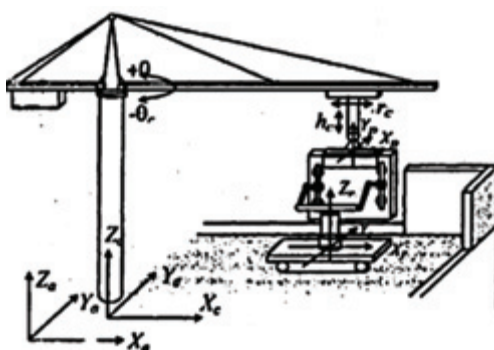


Рисунок 1 – Роботизированный монтажный комплекс.

Исходя из анализа технологии штукатурных работ, сформулированы основные принципы построения штукатурных роботов для работ внутри помещений. В результате структурно-кинематического анализа установлено, что для штукатурного робота предпочтительна структура с 6-ю степенями подвижности, имеющая выдвигаемое звено, которая обладает наилучшими эксплуатационно-сервисными показателями (рис. 2). Снабжение такого манипулятора специальным инструментом с пьезокерамическими регулировочными устройствами позволяет реализовать метод скольжения замкнутых камер, образующихся между инструментом и рабочей поверхностью.

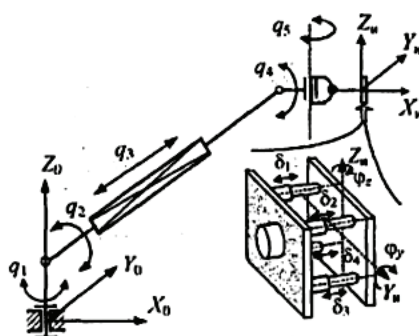


Рисунок 2 – Структурная схема штукатурного робота и рабочего инструмента.

Учитывая специфику строительных роботов, предложено в качестве структурных и кинематических характеристик использовать улучшенный показатель сложности структуры, маневренность, коэффициенты углового, пространственного и объемного сервиса, коэффициент нагрузки звеньев, коэффициенты кратности моментов и скоростей в зоне обслуживания. Для синтеза геометрических параметров выбранной структуры манипулятора в качестве критерия оптимизации обоснована целесообразность применения суммарной работы, выполняемой приводами робота при отработке типовых движений:

$$I = \min \left| \sum_{i=1}^n \left(\int_0^t |P_i| dt \right) K_i \right|,$$

где P_i – мощность i -го привода, необходимая для движения массы звеньев манипулятора и груза, приведенных к i -му звену;
 K_i – коэффициент нагрузки i -го звена.

ВЫВОДЫ ПО СТЕПЕНИ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ И ОСТАВШИЕСЯ НА БУДУЩЕЕ ВОПРОСЫ

На основе вышеизложенного считаю внедрение робота-манипулятора в отделочные и монтажные работы строительства оправданным, а также экономически выгодным. Решение этой проблемы имеет важное народнохозяйственное значение, поскольку способствует разработке высокоэффективных средств комплексной механизации и автоматизации строительных операций, повышающих производительность и качество выполнения монтажных, отделочных и штукатурных работ, снижающих их трудоемкость, освобождающих людей от вредных и опасных условий работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акуленко, Л. Д. Моделирование динамики манипулятора с упругими звеньями [Текст] / Л. Д. Акуленко, С. А. Михайлов, Ф. Л. Черноусько // Механика твердого тела. – 1981. – № 3. – С. 118–124.
2. Бок, Т. Роботизация строительных процессов [Текст] / Т. Бок, А. Г. Булгаков. – М. : ВНИИТПИ, 1999. – 69 с. – (Техн. и мех. строит-ва : Обзор. информ. ; Вып. 1).
3. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – СПб. : Профессия, 2003. – 752 с.
4. Зенкевич, С. Л. Основы управления манипуляционными роботами [Текст] : учебник для вузов / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.

Получено 17.03.2016

П. С. КОРОЕД, Л. О. ШИРОКОВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ НА БАЗІ ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МАНІПУЛЮВАННЯ ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет»

Роботизація будівельно-монтажних робіт – один з перспективних напрямків, які дозволяють прискорити процес будівництва, підвищити якість і безпеку виконуваних робіт, а також скоротити долю ручної праці. Для багатоповерхових об'єктів автоматизація виконання всього комплексу монтажних операцій можлива лише на основі створення роботизованих монтажних комплексів (РМК). Вирішення цієї проблеми має народногосподарське значення, оскільки сприяє розробці високоефективних засобів комплексної механізації і автоматизації будівельних операцій, монтажних, оброблюваних і штукатурних робіт, що знижують їх трудоемність, вивільнюють людей від шкідливих і небезпечних умов роботи.

роботизовані системи маніпулювання, продуктивність робіт, механізація і автоматизація будівельних операцій

PAVEL KOROED, LEW SHIROKOV IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS ON THE BASIS OF THE INTRODUCTION OF ROBOTIC MANIPULATION SYSTEMS FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering»

Robotics of construction and installation work is one of the most promising directions, which allows to accelerate the construction process, improve the quality and safety of the work performed, as well as to reduce the share of manual labor. For multi-story facilities automation of the full range of assembly operations is possible only through the creation of robotic assembly systems (RCC). The solution to this problem has economic value, since it contributes to the development of highly effective means of complex mechanization and automation of construction operations, increase the efficiency and quality of the installation, finishing and plastering work, reduce their labor input, frees people from harmful and hazardous working conditions.

robotic handling system, performance of works, mechanization and automation of construction operations

Короед Павло Сергійович – студент ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет».

Широков Лев Олексійович – доктор технічних наук, професор ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: теорія систем і системний аналіз, оптимальне управління, САПР, інформаційні технології, інтегровані АСУ.

Короед Павел Сергеевич – студент ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет».

Широков Лев Алексеевич – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: теория систем и системный анализ, оптимальное управление, САПР, информационные технологии, интегрированные АСУ.

Koroed Pavel – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: the widespread development of automatic control technology.

Shirokov Lew – D.Sc. (Eng.), Professor, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: systems theory and systems analysis, optimal control, CAD, information technology, integrated automation.

УДК 697.92

Н. Ю. КАПИНОС, Я. В. ФЕДОРОВ, Л. А. ШИРОКОВ

ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА

Большим преимуществом автоматических систем управления является существенная экономия на эксплуатационных расходах, так как при их использовании оборудование работает в наиболее экономичном режиме. Рассмотренная в статье система решает задачи автоматизации вентиляции торгового центра. Важной особенностью изложенной системы автоматизации является ее интеллектуальность, что позволило повысить экономическую эффективность за счет уменьшения расхода энергии и одновременно обеспечить комфортность в торговом центре.

автоматические системы управления, эксплуатационные расходы, интеллектуализация управления в системе автоматизации

ВВЕДЕНИЕ

Система вентиляции относится к системам обеспечения микроклимата помещений. Целью статьи является интеллектуализация системы, автоматизация вентиляции торгового центра Система автоматизации обеспечивает отслеживание заданных параметров в помещениях посредством специальных датчиков. Благодаря полученным данным происходит контроль этих характеристик и при необходимости их корректировка.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ

Большим преимуществом автоматических систем управления является существенная экономия на эксплуатационных расходах, так как при их использовании оборудование работает в наиболее экономичном режиме. Такой подход к расходу электроэнергии обеспечивает снижение ее потребления до 40 %. Также сводятся к минимуму поломки и соответственно дорогостоящий ремонт, что ведет за собой уменьшение расходов на обслуживающий персонал и сокращение его численности.

В центральном (общем) канале воздух подогревается или охлаждается до определенной температуры и затем поступает в помещение. В зависимости от разности между требуемой температурой в помещении и реальной температурой, измеренной датчиком, устройство управления должно устанавливать в необходимое положение входные и выходные заслонки, изменяя этим расход воздуха, проходящего через помещение.

Циркуляционный насос обеспечивает постоянную (независимо от положения трехходового клапана) скорость циркуляции теплоносителя через калорифер, а трехходовой клапан регулирует количество теплоносителя, поступающего для этой цели в калорифер, пропуская при необходимости часть теплоносителя по байпасной линии мимо него [1].

Расход воздуха в приточно-вытяжных системах обеспечивается изменением производительности приточно-вытяжных вентиляторов. Если при низкой температуре наружного воздуха полной мощности калорифера для поддержания заданной температуры недостаточно, то снижается производительность (скорость вращения) вентиляторов. Следует помнить, что при снижении скорости вращения вентиляторов количество поступившего в помещение воздуха может не соответствовать требованиям санитарных норм. Однако это позволяет обеспечить работу центрального кондиционера до температуры наружного воздуха минус 20...25 °С. Аналогичная ситуация возникает в летний период в случае работы на охлаждение [2].

© Н. Ю. Капинос, Я. В. Федоров, Л. А. Широков, 2016

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Существенное внимание уделено в системе автоматизации интеллектуализации управления. С этой целью в данной системе предусмотрены следующие приборы: «Умный глаз» от DAIKIN; Датчик CO₂. «Умный глаз» от фирмы DAIKIN предназначен для обнаружения людей в помещении, в зависимости от чего запускается система. В этой технологии используется режим Sensor, при включении которого активизируется детектор наличия движения Intelligent Eye или буквально – «умный глаз». Конструкция детектора напоминает ячеистую сетчатку глаза, поскольку набрана из нескольких мелких инфракрасных датчиков, каждый из которых имеет свой сектор обзора для обнаружения движения в помещении. Суммарная зона обзора всего детектора перекрывает до 85 % площади помещения. Площадь комнаты может быть до 80 м².

Датчик «видит» на расстоянии до 10 м при боковом угле обзора 110°. Он обнаруживает движущегося объекта размером от 20 см, поэтому нужно позаботиться о том, чтобы более крупные четвероногие питомцы в ваше отсутствие ни слишком часто проверяли работоспособность этой чувствительной системы.

Если в течение 20 мин, что соответствует минимальной двигательной активности бодрствующего человека, движение отсутствует, то система автоматически снизит производительность. Если и через 40 мин в комнате не будет движения, то микропроцессор переведёт систему в ждущий режим Standby, при котором система остановится. Как только сенсор обнаружит движение – включится стандартный режим работы системы.

Большинство вентиляционных систем имеют недостатки, связанные с регулированием минимального расхода наружного воздуха. Они не всегда доставляют находящимся в здании людям необходимое количество вентиляционного воздуха, их реальную производительность сложно проверить, и они не могут регулировать минимальный расход вентиляционного воздуха при изменении потребности в вентиляции.

Вентиляция, зависящая от потребления и основанная на регистрации увеличения концентрации CO₂, может решить эти проблемы. Такая стратегия является недорогой, она экономит потребление энергии и помогает обеспечивать хорошее качество внутреннего воздуха.

Данный метод представляет собой технику измерения доли наружного воздуха в составе приточного воздуха и регулирования расхода наружного воздуха таким образом, чтобы в приточном воздухе всегда содержалось количество наружного воздуха, необходимое для вентиляции обслуживаемого системой помещения.

При помощи единственного датчика содержания CO₂ поочередно замеряется концентрация CO₂ в канале приточного воздуха и в наружном воздухе. Клапан меняет соотношение наружного и рециркуляционного воздуха в приточном, а вентилятор «протягивает» воздух через датчик.

Датчик CO₂ позволяет обнаруживать степень концентрации газа CO₂ в воздухе, что позволяет определить количество людей в помещении. Таким образом, датчик CO₂ позволяет управлять мощностью системы, повышая или уменьшая производительность вентиляторов в зависимости от концентрации газа CO₂ в воздухе.

Подача наружного воздуха контролируется таким образом, чтобы превышение концентрации в приточном воздухе относительно наружного воздуха не была больше значения, соответствующего минимальной доле наружного воздуха в приточном [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная в статье система решает задачи автоматизации объекта. Важной особенностью изложенной системы автоматизации является ее интеллектуальность, что позволило повысить экономическую эффективность за счет экономии расхода энергии и одновременно обеспечить комфортность людей в торговом центре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / Е. С. Бондарь, А. С. Гордиенко, В. А. Михайлов, Г. В. Нимич ; Под общ. ред. Е. С. Бондаря. – Киев : Аванпост-Прим, 2005. – 560 с.
2. Автоматика и автоматизация систем теплогасоснабжения и вентиляции [Текст] : Учебник для вузов / А. А. Калмаков, Ю. Я. Кувшинов, С. С. Романова, С. А. Щелкунов ; Под ред. В. Н. Богословского. – М. : Стройиздат, 1986. – 479 с.

3. Warden, D. Регулирование расхода приточного воздуха по концентрации CO₂ [Электронный ресурс] / D. Warden // АВОК. – 2005. – № 2. – Режим доступа : http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2788.

Получено 18.03.2016

Н. Ю. КАПИНОС, Я. В. ФЕДОРОВ, Л. О. ШИРОКОВ
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРИТИКАЛЬНО-ВИТИКАЛЬНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ
ТОРГОВОГО ЦЕНТРУ
ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет»

Значною перевагою автоматичних систем управління є суттєва економія на експлуатаційних витратах, оскільки при їх використанні обладнання працює в найбільш економічному режимі. Розглядувана у статті система вирішує задачі автоматизації вентиляції торговельного центру. Важливою особливістю викладеної системи автоматизації є її інтелектуальність, що дозволило підвищити економічну ефективність за рахунок зменшення витрат енергії і одночасно забезпечити комфортність людям у торговельному центрі.

автоматичні системи управління, експлуатаційні витрати, інтелектуалізація управління в системі автоматизації

NIKITA KAPINOS, IAN FEDOROV, LEW SHIROKOV
AUTOMATION VENTILATION OF SHOPPING CENTER
FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering»

The big advantage of automatic control systems is the significant savings in operating costs, as their use equipment operates in the most economical mode. Considered in the article ventilation system solves the automation task Mall. An important feature of the described automation system is its intelligence, thus improving economic efficiency by reducing energy consumption and at the same time provide comfort at the mall.

automatic control systems, operating costs, the intellectualization of control in the automation system

Капинос Микита Юрійович – студент ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет».

Федоров Ян Валерійович – студент ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет».

Широков Лев Олексійович – доктор технічних наук, професор ФДБОУ ВО «НДУ Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: теорія систем і системний аналіз, оптимальне управління, САПР, інформаційні технології, інтегровані АСУ.

Капинос Никита Юрьевич – студент ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет».

Федоров Ян Валерьевич – студент ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет».

Широков Лев Алексеевич – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: теория систем и системный анализ, оптимальное управление, САПР, информационные технологии, интегрированные АСУ.

Kapinos Nikita – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering».

Fedorov Ian – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering».

Shirokov Lew – D.Sc. (Eng.), Professor, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: systems theory and systems analysis, optimal control, CAD, information technology, integrated automation.

УДК 62-52

Л. А. ШИРОКОВ, С. Д. ЕГОРОВА

ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВКИ

Центрифугирование имеет широкое применение во многих видах промышленности: химической, атомной, пищевой, металлургической, нефтяной. А также в строительстве. Учитывая различные условия применения, центрифуги могут обладать различными характеристиками. В данной статье рассмотрена проблема срока эксплуатации центрифуги. На основе проведенного исследования предлагается применение средств автоматизации для увеличения срока эксплуатации установки и повышения качества работы.

центрифугирование, центрифуга, автоматизация

Центрифугирование – представляет собой эффективный способ разделения неоднородной жидкой системы под действием центробежных сил. Процесс происходит в специальных установках – центрифугах, в которых происходит отстаивание или фильтрация [1].

Центрифуги возможно классифицировать по следующим признакам:

- фактор разделения,
- способ выгрузки осадка,
- конструкция опор и расположение оси барабана,
- организация процесса.

Сравнивая типы и конструкции центрифуг, можно сделать следующие выводы: центрифуги непрерывного действия обладают большей производительностью, чем периодически действующие; они значительно проще и удобнее в обслуживании, поэтому все шире внедряются в промышленность, постепенно вытесняя центрифуги периодического действия. Автоматические центрифуги отличаются большой производительностью, несмотря на периодичность действия [2].

Центрифуга является механизмом с высокой степенью изношенности, в связи с этим в процессе эксплуатации увеличивается энергопотребление и повышается износ основных деталей и двигателя, что уменьшает срок эксплуатации. Главным органом управления центрифуги является электродвигатель. Он же оказывается наиболее нагруженным в ходе эксплуатации, что влечет за собой износ, из-за которого увеличивается частота поломок и энергопотребление, тем самым сокращая срок эксплуатации. Для решения проблем с повышенным износом и выходом из строя механизмов управления необходимо внедрение современной автоматизации, которая должна включать в себя систему автоматического регулирования, контроля и диспетчеризации. Чтобы получить максимальный результат необходимо изучить математическую модель работы центрифуги.

Момент инерции определяется по выражению:

$$J = \int_0^m r^2 dm. \quad (1)$$

Учитывая, что $dm = \rho dV$, а $dV = 2\pi r dr dz$, получим:

$$J = 2\pi\rho \int_0^m r^3 dr dz. \quad (2)$$

После подстановки и интегрирования, имеем:

$$J(\omega, r) = 2\pi\rho \left(\frac{\omega^2 r^6}{12g} + \frac{H_n r^4}{4} - \frac{\omega^2 R^2 r^4}{16g} \right). \quad (3)$$

Выражение (3) применительно только в случае, если выполняется условие: $\omega < \omega_1$ и $\omega < \omega_2$.
Здесь

$$\omega_1 = \frac{2\sqrt{H_n \cdot g}}{R}, \quad \omega_2 = \frac{2\sqrt{(H_u - H_n) \cdot g}}{R}.$$

В этом случае жидкость в центрифуге принимает форму, изображенную на рисунке (1а). Данная форма свободной поверхности характерна для начального этапа разгона центрифуги. В зависимости от размеров центрифуги, ее конструктивного исполнения и количества жидкости, залитой в нее, возможны четыре формы свободной поверхности, представленные на рис. 1. Для трех других случаев, при которых жидкость принимает форму изображенную на рис. 1б, 1в, 1г, выражение принимает другой вид.

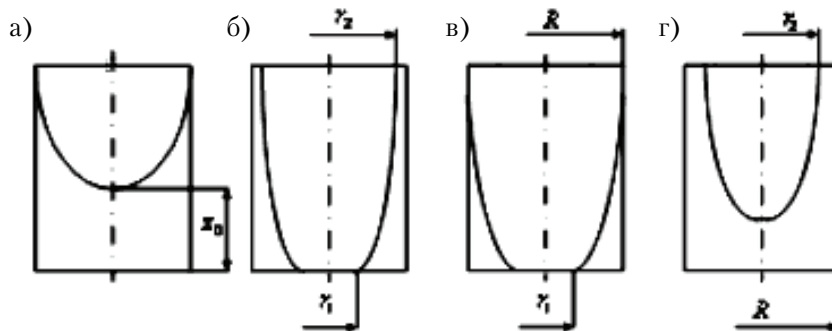


Рисунок 1 – Форма свободной поверхности жидкости.

Таким образом, зависимость момента инерции от времени фильтрующей центрифуги определяется по формуле:

$$J_u = \left\{ \begin{array}{l} J(\omega, r), \text{ если } \omega < \omega_1 \text{ и } \omega < \omega_2; \\ J(\omega, r_2) - J(\omega, r_1) + \frac{H_u \rho \pi}{2} \cdot (R^4 - r_2^4), \text{ если } \omega > \omega_1 \text{ и } \omega > \omega_2; \\ J(\omega, R) - J(\omega, r_1), \text{ если } \omega > \omega_1 \text{ и } \omega < \omega_2; \\ J(\omega, R) + \frac{H_u \rho \pi}{2} (R^4 - r_2^4), \text{ если } \omega < \omega_1 \text{ и } \omega > \omega_2. \end{array} \right. \quad (5)$$

Математическая модель позволяет моделировать переходные и установившиеся режимы работы центрифуги [3].

На основе вышеизложенного принципа действия установки, изучения математической модели и описания поставленной проблемы можно провести анализ технологических и конструктивных особенностей.

Анализ технологических особенностей:

- центрифуга используется с PLC программным управлением;
- безопасность: ограничение скорости вращения, защита от перегрузки и перегрева двигателя;
- плавный запуск защищает двигатель от перегрузки, а также упрощает текущее техническое обслуживание;
- материалы, применяемые для изготовления установки, должны соответствовать производственно-техническим нормам и заданным ГОСТам.

Анализ конструктивных особенностей:

- расположение вала, устройство и расположение его опор, обеспечивающих хорошую устойчивость ротора центрифуги;
- исполнение центрифуги по степени герметизации взрывозащищенности.

Подходами к решению задачи является внедрение современного программного обеспечения и современных материалов для изготовления комплектующих. А примером решения поставленной задачи может быть комплексная автоматизация: автоматизация при использовании управляющих вычислительных машин, которые в каждый момент времени рассчитывают оптимальный режим технологического процесса и выдают управляющие команды по всем автоматизируемым операциям этого процесса.

Регулирующие воздействия в них могут быть внесены путем изменения продолжительности отдельных операций в зависимости от влажности осадка. Однако на практике, ввиду отсутствия датчиков влажности, процесс ведут по жесткой временной программе с помощью командного прибора (рис. 2).

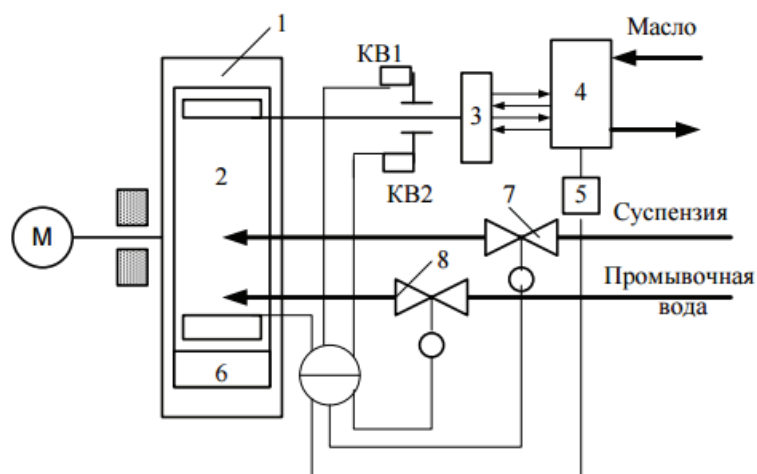


Рисунок 2 – Система управления периодической центрифугой: 1 – барабан; 2 – нож; 3 – исполнительный механизм; 4 – маслораспределитель; 5 – переключающее устройство; 6 – датчик загрузки; 7, 8 – запорные клапаны.

Длительность следующих операций (подсушки и промывки) устанавливается вручную с помощью задатчиков времени командного прибора. На некоторых центрифугах поочередно осуществляется несколько операций подсушки и промывки с различной выдержкой. По завершении этих операций прибор выдает импульс на переключающее устройство 5 маслораспределителя 4, который с помощью исполнительного механизма 3 приводит в движение нож 2. Начинается операция выгрузки твердого продукта из барабана 1. Движение ножа продолжается до крайнего положения, что обеспечивается конечным выключателем КВ1. По его команде происходит обратное движение ножа до срабатывания второго конечного выключателя – КВ2; начинается новая загрузка или же вновь открывается магистраль промывной воды для регенерации сетки барабана 1. Далее цикл повторяется [4].

Исходя из вышесказанного увеличения срока эксплуатации центрифуги можно добиться путем моделирования переходных и установившихся режимов работы, а именно, скорости вращения ротора. Для достижения данной задачи применяют электродвигатели в качестве привода центрифуги и программно логические контроллеры, которые работают по определенной программе. Для решения поставленных задач в будущем требуется улучшение программных продуктов и возможная корректировка самой установки, в частности замена электродвигателей на более современные механизмы (альтернативные).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кувшинский, М. Н. Курсовое проектирование по предмету «Процессы и аппараты химической промышленности» [Текст] : учеб. пос. / М. Н. Кувшинский, А. П. Соболева. – М. : Высшая шк., 1968. – 264 с.
2. Центрифуги [Текст] : каталог-справочник / Л. М. Полещук, Л. А. Валяева, А. А. Нестерович ; Гос. ком. по автоматизации и машиностроению при Госплане СССР. Всесоюз. науч.-исслед. и конструкторский ин-т хим. машиностроения «НИИХиммаш». – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машгиз, 1963. – 103 с.

3. Прошин, И. А. Математическое моделирование процессов центрифугирования [Текст] / И. А. Прошин, В. В. Бурков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Том 6, выпуск № 11. – С. 71–74.
4. Системы управления химико-технологическими процессами [Текст] : учебное пособие к выполнению курсовой работы / Сост. : В. А. Втюрин, В. В. Илющенко. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2010. – 179 с.

Получено 21.03.2016

Л. О. ШИРОКОВ, С. Д. ЄГОРОВА
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЦЕНТРИФУГУВАННЯ З МЕТОЮ
ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ УСТАНОВКИ
ФДБОУ ВО «НДІ Московський державний будівельний університет»

Центрифугування має широке застосування у багатьох видах промисловості: хімічній, атомній, харчовій, металургійній, нафтовій. А також у будівництві. З огляду на різні умови застосування, центрифуги можуть мати різні характеристики. У даній статті розглянута проблема терміну експлуатації центрифуги. На основі проведеного дослідження пропонується застосування засобів автоматизації для збільшення терміну експлуатації установки і підвищення якості роботи.
центрифугування, центрифуга, автоматизація

LEW SHIROKOV, SOFYA EGOROVA
AUTOMATION CENTRIFUGATION PROCESS TO IMPROVE THE LIFE OF
THE PLANT
FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering»

The centrifugation is widely used in many kinds of industries: chemical, nuclear, food, metallurgy, petroleum. As well as in construction. Taking into account the different conditions of use, the centrifuge may have different characteristics. In this article the problem of the life of the centrifuge. On the basis of the study provided the use of automation equipment to increase the life of the plant and improving the quality of work.
centrifugation, the centrifuge, automation

Широков Лев Олексійович – доктор технічних наук, професор ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: теорія систем і системний аналіз, оптимальне управління, САПР, інформаційні технології, інтегровані АСУ.

Єгорова Софія Дмитрівна – студент ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: розвиток автоматизації і впровадження її як в технологічні процеси, так і в інженерні системи.

Широков Лев Алексеевич – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: теория систем и системный анализ, оптимальное управление, САПР, информационные технологии, интегрированные АСУ.

Егорова Софья Дмитриевна – студент ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: развитие автоматизации и внедрение её как в технологические процессы, так и в инженерные системы.

Shirokov Lew – D.Sc. (Eng.), Professor, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: systems theory and systems analysis, optimal control, CAD, information technology, integrated automation.

Egorova Sofya – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: the development and introduction of automation in its processes, as well as in engineering systems.

УДК 62-52

Л. А. ШИРОКОВ, А. А. ГУСАРОВА

ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет»

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Сегодня актуальна тема энергосбережения. Специалисты давно говорят об исчерпаемости ресурсов. Для более эффективного использования всевозможных энергетических ресурсов применяются средства автоматизации. В данной статье рассмотрено решение для повышения энергоэффективности и качества процесса, который предназначен для обработки нефти и получения нефтепродуктов.

автоматика, ректификационная колонна, нефтеобработка

Нефть и нефтепродукты сегодня – это одни из основных видов топлива. Нефтеперерабатывающая промышленность является как поставщиком топлива, так и его потребителем. Отрасль использует примерно 13 % перерабатываемой нефти [1].

В связи с этим можно выделить проблему энергосбережения в данном промышленном секторе.

Решением данной проблемы является внедрение систем автоматического контроля, регулирования и управления. Использование данной системы поможет оптимизировать процесс переработки нефти. Системы автоматизации позволяют:

- отслеживать состояние как технологического процесса в целом, так и основных параметров;
- упростить работу обслуживающего персонала;
- получать информацию о технологическом процессе в режиме реального времени;
- диагностировать систему и предупреждать о возможности аварии и др. [2].

В данной работе применена система автоматизации к процессу ректификации, который используют в нефтеперерабатывающей промышленности. Объектом управления является ректификационная колонна.

Ректификационная колонна – это агрегат в виде цилиндра, сердцевиной которого является n -ое количество перегородок (тарелок), имеющих отверстия. Сущность процесса ректификации состоит в разделении нефти на фракции с помощью многократного нагрева и охлаждения сырья. Графически данный процесс в колонне можно продемонстрировать так (рис. 1):

Сырая нефть подаётся в колонну, где её нагревают. Также возможно предварительное нагревание нефти вне колонны и подача её в агрегат уже с требуемой температурой. Нагретая до определённой температуры нефть начинает испарять самые легкие углеводороды. Высококипящие компоненты в виде паров поднимаются вверх колонны, а низкокипящие в жидком виде (флегма) стекают вниз колонны. Дошедшие до верха колонны пары отводятся в емкость для сбора полученного продукта, обогащенного высококипящими компонентами. Часть паров конденсируется при охлаждении и поступает наверх колонны для орошения. Жидкость с верха колонны стекает по тарелкам вниз. На тарелках ректификационной колонны происходит тепло- и массообмен стекающей вниз жидкости и восходящими наверх парами. Во время взаимодействия двух фракций пары отдают жидкости часть высококипящих компонентов, а жидкость, в свою очередь, передаёт пару низкокипящие компоненты. Таким образом в колонне можно выделить зоны, где образуются вещества определенного состава.

Важными параметрами процесса ректификации являются: давление, температуры вводимой нефти (сырья), температура низа колонны, температура верха колонны, флегмовое число (количеством подаваемого орошения и количество дистиллята).

Давление может находиться в широком диапазоне значений. Но оптимальным является такое давление, при котором конденсацию паров можно проводить с помощью воды или воздуха. Давление в колонне будет зависеть от температуры орошения.

© Л. А. Широков, А. А. Гусарова, 2016

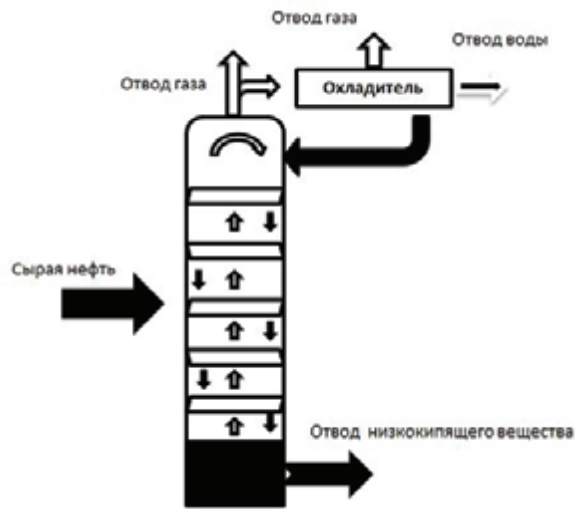


Рисунок 1 – Процесс ректификации.

Основные задачи для данного процесса, которые требуют решения:

- ✓ Равномерное орошение.
- ✓ Контроль температуры сырья и низа колонны.
- ✓ Контроль температуры орошения.
- ✓ Получение продуктов определенного состава.
- ✓ Контроль уровней жидкости внизу колонны, охладителе и ёмкостях сбора продуктов.
- ✓ Контроль давления.

В данной работе рассмотрим задачи: 3, 4, 5, 6, 7, 8.

На рисунке 2 приведена схема регулирования температуры верха колонны и качества дистиллята, уходящего с верха колонны [2].

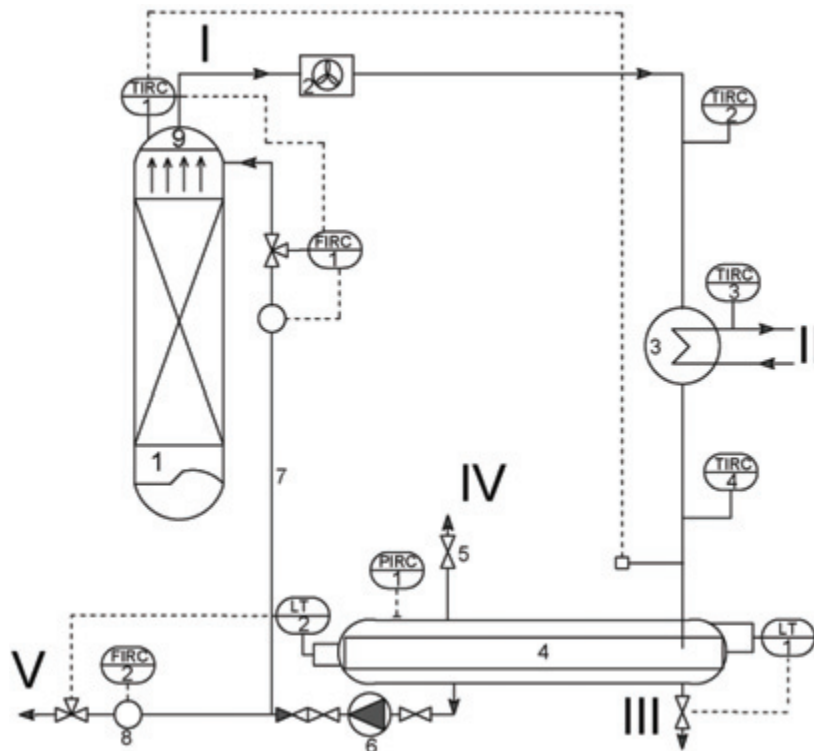


Рисунок 2 – Схема регулирования температуры верха колонны и качества дистиллята.

Пар из верхушки установки (1) поступает в конденсатор воздушного охлаждения (2), после смесь газа, пара и жидкости переходит в доохладитель (водяной) (3), далее смесь идёт в ёмкость-сепаратор (4), где от углеводородного и водяного конденсата отделяется несконденсировавшийся газ. Этот газ отводится по трубе (5), проходя регулятор давления (PIRC – 1). Давление во всей установке определяется остаточным давлением паров дистиллята, это давление зависит от температуры после охлаждения и конденсации в холодильнике (3). В ёмкости-сепараторе (4) вода и углеводородный конденсат отделяются друг от друга: вода концентрируется внизу ёмкости и с помощью регулятора уровня (LT-1) выводится из системы по линии III.1 – верх ректификационной колонны; 2 – конденсатор охлаждения (воздушный); 3 – охладитель (водяной); 4 – ёмкость-сепаратор для отделения газа от воды и углеводородного конденсата; 5 – отвод газа; 6 – насос; 7 – подача орошения; 8 – откачка балансового количества дистиллята; 9 – распределитель орошения; I – пары дистиллята; II – охлаждающая вода; III – вода (технологический конденсат); IV – газ; V – дистиллят. TIRC-1 – регулятор температуры. TIRC-2, TIRC-3, TIRC-4 – датчики температуры.

LIRC-1 – межфазовый регулятор уровня дистиллят/вода. PIRC-1 – датчик давления. FIRC-1, FIRC-2 – регуляторы расхода орошения и откачки дистиллята.

Дистиллят из ёмкости 4 поступает к насосу 6, далее на орошение по линии 7 на верхнюю тарелку колонны. Дистиллят также отводится по линии 8, регулируемый прибором уровня (LIRC-2) ёмкости-сепараторов (4). Приборы для контроля качества дистиллята установлены далее, на выходе продукта.

Разработка САУ для процесса ректификации затруднительна из-за того, что математическая модель ректификационной колонны [3] не линейна, содержит много эмпирических коэффициентов, меняющих своё значение в большом диапазоне, что усложняет их определение. В процессе управления нелинейными и сложными системами достаточно трудоемко осуществлять настройку ПИД-регулятора.

Для данного процесса наилучшие показатели качества имеет система с ПИД-регулятором, для настройки которого используется нечеткий регулятор [4].

Точный контроль и регулирование температурного режима ректификационной колонны, которые можно реализовать с помощью АСУ, способны поддержать основные технологические параметры на заданном уровне.

Применение автоматизации к данному процессу повысит как качество получаемого продукта, так и сроки эксплуатации установки за счёт предотвращения аварий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаджиев, С. Н. Системы теплообмена установок АТ и АВТ [Текст] / С. Н. Хаджиев // Нефтяник. – 1973 – № 12. – С. 20–21.
2. Антропов, Дмитрий. Распределённая система контроля технологического процесса переработки высокосернистой нефти [Текст] / Дмитрий Антропов, Тимофей Петров, Александр Тяплашкин // Журнал «СТА». – 2004. – № 2. – С. 46–51.
3. Математическая модель ректификационной колонны [Текст] : препринт / С. А. Азизов, Н. С. Ализаде, М. К. Атакишиева, М. Г. Гаджиев, З. А. Искендер-заде, А. М. Молчанов, М. А. Топчибаев ; АН СССР, ИЦБИ, НИВЦ. – Пуццино : ИЦБИ АН СССР, 1974. – 10 с. : 4 рис. – Библиогр.: с. 10 (5 назв.)
4. Наумовская, А. А. Сравнение эффективности ПИД-регулирования и нечеткого регулирования в системе управления процессом ректификации нефти [Электронный ресурс] / А. А. Наумовская; науч. рук. В. А. Рудницкий // Технологии Microsoft в теории и практике программирования : сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 25–26 марта 2015 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт кибернетики ; ред. кол. А. В. Лиешиньш [и др.]. – Томск : Изд-во ТПУ, 2015. – С. 26–28. – Режим доступа : <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C28/009.pdf>.

Получено 02.04.2016

Л. А. ШИРОКОВ, А. О. ГУСАРОВА
АВТОМАТИЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ
ФДБОУ ВО «НІУ Московський державний будівельний університет»

Сьогодні актуальна тема енергозбереження. Фахівці давно говорять про вичерпність ресурсів. Для більш ефективного використання різних енергетичних ресурсів застосовуються засоби автоматизації.

У даній статті розглянуто рішення для підвищення енергоефективності та якості процесу, який призначено для оброблення нафти і отримання нафтопродуктів.
автоматика, ректифікаційна колона, нафтооброблення

LEW SHIROKOV, ALLA GUSAROVA
AUTOMATION OF THE DISTILLATION COLUMN
FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering»

Today, the topic is relevant energy saving. Experts have long said about the depletion of resources. For more efficient use of various energy sources used automation tools. This article discusses the decision to increase the efficiency and quality of the process, which is intended for processing of oil and produce petroleum.
automatic, distillation columns, oil processing

Широков Лев Олексійович – доктор технічних наук, професор ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: теорія систем і системний аналіз, оптимальне управління, САПР, інформаційні технології, інтегровані АСУ.

Гусарова Алла Олександрівна – студент ФДБОУ ВО «Національний дослідницький Московський державний будівельний університет». Наукові інтереси: автоматизація технологічних процесів, енергоефективне моделювання.

Широков Лев Алексеевич – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: теория систем и системный анализ, оптимальное управление, САПР, информационные технологии, интегрированные АСУ.

Гусарова Алла Александровна – студент ФГБОУ ВО «НИУ Московский государственный строительный университет». Научные интересы: автоматизация технологических процессов, энергоэффективное моделирование.

Shirokov Lew – D.Sc. (Eng.), Professor, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: systems theory and systems analysis, optimal control, CAD, information technology, integrated automation.

Gusarova Alla – student, FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering». Scientific interests: process automation, energy efficient modeling. Scientific interests: process automation, energy efficient modeling.

УДК 628.316.13

В. В. МАРКИН

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ПРОБИОТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА «ОКСИДОЛ» ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВВЕДЕНИЯ

В работе изучалась способность пробиотического средства «Оксидол» (Agranco corp., США) интенсифицировать процессы очистки сточной воды при введении пробиотика перед первичным отстаиванием при различных параметрах. В результате исследований установлено, что наибольшее увеличение эффективности очистки получено при введении пробиотика дозами 0,4 и 0,3 г/м³, при температуре сточной воды 22±2 °С и времени аэрации 12 часов.

пробиотики, сточная вода, очистка, БПК₅, взвешенные вещества, азот аммонийный

По общепринятому определению пробиотики – это препараты, содержащие живые микроорганизмы и вещества микробного происхождения, оказывающие при естественном способе введения позитивные эффекты на физиологические, биохимические и иммунные реакции организма хозяина через стабилизацию и оптимизацию функций его нормальной микрофлоры [1; 2].

Средства, содержащие пробиотические микроорганизмы, широко используются в медицине и ветеринарии [3] и в последнее время начинают внедряться в другие сферы жизнедеятельности общества, в частности в область очистки сточных вод.

В данной работе изучалась способность пробиотического средства «Оксидол» (Agranco corp., США) интенсифицировать процессы очистки сточной воды при введении пробиотика перед первичным отстаиванием.

Для проведения экспериментов в лабораторных условиях моделировались последовательно процессы первичного отстаивания сточной воды и биологической очистки с активным илом. Опыты проводились в двух параллельностях: с введением раствора «Оксидола» и без введения (контрольные опыты). Способность пробиотика увеличивать эффективность очистки сточной жидкости исследовалась при следующих переменных параметрах: 1) различных дозах пробиотического средства ($d_1 = 0,4$ г/м³, $d_2 = 0,3$ г/м³, $d_3 = 0,2$ г/м³); 2) различной температуре сточной воды ($t_1 = 22 \pm 2$ °С, $t_2 = 10 \pm 2$ °С); 3) разным времени аэрации сточной жидкости с активным илом ($T_1 = 12$ часов, $T_2 = 8$ часов).

Постоянными параметрами процессов очистки приняты: время первичного отстаивания сточной воды (1,5 часа); доза ила в иловой смеси (2,0...2,5 г/дм³); концентрация растворенного кислорода в иловой смеси (2,5...3,5 мгО₂/дм³).

Сточная вода и активный ил для экспериментов отбирались на канализационных очистных сооружениях г. Селидово перед первичными отстойниками. Начальные концентрации загрязняющих веществ в исходной сточной воде составляли: взвешенные вещества (ВВ) – от 273 до 295 мг/дм³; БПК₅ – от 272 до 296 мгО₂/дм³; азот аммонийный (АА) – от 55 до 64 мг/дм³. Сточная жидкость, прошедшая механическую и биологическую очистку, анализировалась по этим же трем показателям. В иловой смеси определяли дозу ила по сухому веществу и концентрацию растворенного кислорода.

По результатам исследований установлено следующее.

Наибольший эффект увеличения очистки получается при дозе пробиотика $d_1 = 0,4$ г/м³, температуре $t_1 = 22 \pm 2$ °С и времени аэрации $T_1 = 12$ часов и $T_2 = 8$ часов:

– эффект увеличения очистки по ВВ и БПК₅ – около 11 %, по АА – 31 % (при T₁=12 часов) и 32 % (при T₂ = 8 часов);

– конечные концентрации при T₁: ВВ и БПК₅ – около 8,0 мг/дм³ (разница с контролем 31,0 мг/дм³), АА – 0,8 мг/дм³ (разница с контролем 17,5 мг/дм³); при T₂: ВВ и БПК₅ – 15,3 и 15,7 мг/дм³ соответственно (разница с контролем ~ 30,3 и 31,0 мг/дм³ соответственно), АА – 3,0 мг/дм³ (разница с контролем – 19,0 мг/дм³).

При тех же условиях и дозе d₂ = 0,3 г/м³ эффект увеличения очистки снижается, но незначительно:

– эффект повышения очистки по ВВ и БПК₅ – около 9 %, по АА – 28...29 %;

– конечные концентрации при T₁: ВВ и БПК₅ ~ 12,0 мг/дм³ (разница с контролем 25,0 и 27,0 мг/дм³ соответственно), АА – 1,3 мг/дм³ (разница с контролем 16,7 мг/дм³); при T₂: ВВ и БПК₅ ~ 21,0 мг/дм³ (разница с контролем ~ 26,5 мг/дм³), АА – 5,7 мг/дм³ (разница с контролем – 17,3 мг/дм³).

При дозе «Оксидола» d₃ = 0,2 г/м³ и температуре t₁ = 22±2 °С эффект повышения очистки уменьшается более значительно:

– увеличение очистки по ВВ и БПК₅ составляет ~ 6 %, по АА – 20÷21 %;

– конечные концентрации при T₁: ВВ и БПК₅ ~ 20,0 мг/дм³ (разница с контролем ~ 17,3÷17,7 мг/дм³), АА – 6,3 мг/дм³ (разница с контролем 12,0 мг/дм³); при T₂: ВВ и БПК₅ ~ 29,0 и 30,0 мг/дм³ соответственно (разница с контролем ~ 17,0 мг/дм³), АА – 9,7 мг/дм³ (разница с контролем – 12,3 мг/дм³).

При низкой температуре сточной воды t₂ = 10±2 °С, времени аэрации T₁ = 12 часов и различных дозах пробиотика увеличение эффекта очистки снижается по сравнению с более высокой температурой (t₁ = 22±2 °С) и составляет:

– при d₁ = 0,4 г/м³: по ВВ и БПК₅ – 7 %, по АА – 17,5 %; конечные концентрации равны: ВВ и БПК₅ ~ 24,0 и 25,0 мг/дм³ соответственно (разница с контролем ~ 20 мг/дм³), АА – 12,7 мг/дм³ (разница с контролем – 10,3 мг/дм³);

– при d₂ = 0,3 г/м³: по ВВ и БПК₅ – 5,5 и 6,2 % соответственно, по АА – 14,5 %; конечные концентрации составляют: ВВ и БПК₅ ~ 28,0 мг/дм³ (разница с контролем – 15,7 и 17,7 мг/дм³ соответственно), АА – 15,0 мг/дм³ (разница с контролем – 8,3 мг/дм³);

– при d₃ = 0,2 г/м³: по ВВ и БПК₅ ~ 3,3 %, по АА – 9,6 %; конечные концентрации равны: ВВ и БПК₅ ~ 34,3 мг/дм³ (разница с контролем ~ 9,7 и 9,0 мг/дм³ соответственно), АА – 17,7 мг/дм³ (разница с контролем – 5,7 мг/дм³).

При низкой температуре (t₂ = 10±2 °С), меньшем времени аэрации (T₂ = 8 часов) и различных дозах «Оксидола» увеличение эффекта очистки практически аналогичное по сравнению со временем аэрации T₁ = 12 часов, но конечные значения концентраций загрязнений самые высокие:

– при d₁ = 0,4 г/м³: по ВВ и БПК₅ ~ 8,0 %, по АА – 16,8 %; конечные концентрации составляют: ВВ и БПК₅ – 27,3 и 28,7 мг/дм³ соответственно (разница с контролем – 23,7 и 22,3 мг/дм³ соответственно), АА – 16,3 мг/дм³ (разница с контролем – 11,3 мг/дм³);

– при d₂ = 0,3 г/м³: по ВВ и БПК₅ – 6,6 и 6,9% соответственно, по АА – 15,2 %; конечные концентрации равны: ВВ и БПК₅ ~ 32,0 мг/дм³ (разница с контролем ~ 19,0 мг/дм³), АА – 18,7 мг/дм³ (разница с контролем – 9,0 мг/дм³);

– при d₃ = 0,2 г/м³: по ВВ и БПК₅ ~ 4,0 %, по АА – 10,6 %; конечные концентрации составляют: ВВ и БПК₅ ~ 41,0 мг/дм³ (разница с контролем ~ 12,0 мг/дм³), АА – 21,7 мг/дм³ (разница с контролем – 6,3 мг/дм³).

Таким образом, наибольший эффект повышения качества очистки получен при дозах «Оксидола» 0,4 и 0,3 г/м³, температуре сточной воды 22±2 °С и времени аэрации 12 часов. То есть применение пробиотика на канализационных очистных сооружениях наиболее целесообразно в теплое время года, когда температура сточной воды составляет 20 °С и выше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пробиотики и функциональное питание [Текст] / Б. А. Шендеров, М. А. Манвелова, Ю. Б. Степанчук, Н. Э. Скиба // Антибиотики и химиотерапия. – 1997. – Т. 42, № 7. – С. 30–34.
2. Иммунобиологические препараты и перспективы их применения в инфектологии [Текст] / Под ред. Г. Г. Онищенко, В. А. Алешкина, С. С. Афанасьева, В. В. Поспеловой. – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2002. – 608 с.
3. Дискуссионные вопросы создания и применения бактериальных препаратов для коррекции микрофлоры тепловых [Текст] / В. В. Смирнов, С. Р. Резник, И. Б. Сорокулова, В. А. Вьюницкая // Микробиол. журн. – 1992. – Т. 54, № 6. – С. 82–92.

Получено 28.03.2016

В. В. МАРКІН
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЧНОЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ
ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОБІОТИЧНОГО ЗАСОБУ «ОКСИДОЛ» ПРИ
РІЗНИХ УМОВАХ ВВЕДЕННЯ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У роботі вивчалась здатність пробіотичного засобу «Оксидол» (Agranco corp., США) інтенсифікувати процеси очищення стічної води при введенні пробіотика перед первинним відстоюванням при різних параметрах. У результаті досліджень встановлено, що найбільше збільшення ефективності очищення отримано при введенні пробіотика дозами 0,4 і 0,3 мг/дм³ при температурі стічної води 22 ± 2 °С і часу аерації 12 годин.

пробіотики, стічна вода, очищення, БСК₅, завислі речовини, азот амонійний

VYACHESLAV MARKIN
INTENSIFICATION OF MECHANICAL AND BIOLOGICAL WASTEWATER
TREATMENT BY USING PROBIOTIC AGENTS «OXIDOL» UNDER DIFFERENT
CONDITIONS OF INTRODUCTION
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In this work the ability of probiotic agent «Oxidol» (Agranco corp., USA) to intensify the waste water treatment processes at introduction of a probiotic before the primary settling at different parameters was studied. A result of researches was established that the the greatest increase in cleaning efficiency obtained by the introduction of probiotic doses of 0.4 and 0.3 mg/dm³ at the temperature of the wastewater 22 ± 2 °C and the aeration time 12 hours.

probiotics, waste water, treatment, BOD₅, suspended solids, ammonia nitrogen

Маркін В'ячеслав Володимирович – магістр; аспірант кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: очищення стічних вод.

Маркин Вячеслав Владимирович – магістр; аспірант кафедри городского строительства и хозяйства Донбаской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка сточных вод.

Markin Vyacheslav – Master Degree Student; Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, the Institute of Municipal Economy and Environment Protection, City Construction and Economy Department. Scientific interests: wastewater treatment.

УДК 628.356

Д. В. ЗАВОРОТНЫЙ, А. В. ЖИБОЕДОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ИЛОВОЙ СМЕСИ В АЭРОТЕНКАХ-ОТСТОЙНИКАХ СО ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ

Рассмотрены функции циркуляции иловой смеси. Освещены способы формирования циркуляционных потоков в некоторых характерных конструкциях аэротенков-отстойников с осветлением во взвешенном слое активного ила. Дано описание усовершенствованного способа возврата иловой смеси из взвешенного слоя аэротенка-отстойника в аэрируемую зону. Представлены результаты лабораторных испытаний модели аэротенка-отстойника разработанной конструкции.

аэрация, аэротенк-отстойник, взвешенный слой, иловая смесь, циркуляционный поток

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Разделение иловой смеси в аэротенках-отстойниках в условиях взвешенного слоя более эффективно, чем гравитационное осаждение. В известных аэротенках-отстойниках с взвешенным слоем ил возвращается из осветлителя в зону аэрации либо посредством отдельных насосов, либо циркуляционными потоками, что затрудняется прохождением ила через щелевые отверстия. Ввиду широкого распространения аэротенков-отстойников на канализационных очистных станциях малой и средней производительности, повышение их надежности и энергоэффективности является важной задачей.

ЦЕЛИ

Разработки по усовершенствованию аэротенка-отстойника проводились с целью упрощения возврата активного ила из взвешенного слоя в аэрируемую зону, а также снижения энергозатрат и повышения концентрации активного ила в аэротенке.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Работа любого сооружения аэробной биологической очистки невозможна без системы аэрации, выполняющей ряд функций: 1) обеспечение необходимых для протекания аэробных процессов биохимических условий: насыщение жидкости кислородом для дыхания аэробных организмов и отдувка газообразных продуктов жизнедеятельности; 2) обеспечение гидродинамических условий, способствующих работе аэробных микроорганизмов: предотвращение залегания ила, осреднение в объеме концентрации загрязнений, перемещение иловой массы между различными зонами.

На рис. 1а изображена схема аэротенка [1], состоящего из двух камер. В камере аэрации создается циркуляционный поток: пузырьки воздуха создают эрлифтный эффект и над аэратором возникает восходящее движение газо-жидкостной смеси. Поднявшаяся иловая смесь возвращается вниз в противоположной от аэратора части сооружения и вновь вовлекается в восходящий поток. В камере отстаивания также имеется циркуляционный поток. Ил попадает туда через верхнее окно и подтягивается обратно в зону аэрации через нижнее из-за разности давлений, создаваемых газожидкостным столбом, с одной стороны и иловой смесью – с другой. При повышении под взвешенным слоем скорости движения иловой смеси уменьшаются необходимые габариты отстойной части аэротенка-

отстойника [2]. Для более эффективной циркуляции иловой смеси под взвешенным слоем аэротенка-отстойника помимо разряжения у места впуска воздуха, можно использовать инерцию нисходящего потока. Для этого под окнами перегородки устраиваются наклонные козырьки (рисунок, б).

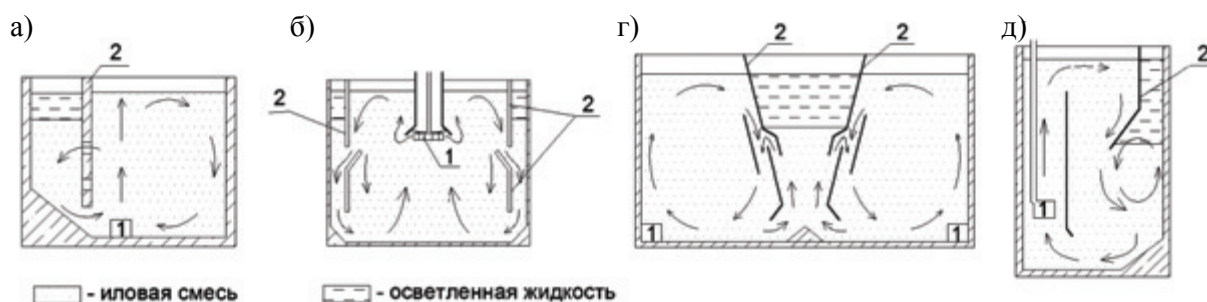


Рисунок – Схемы конструкций аэротенков-отстойников с освещением во взвешенном слое активного ила: а) конструкции И. С. Постникова [1]; б) разработанная учеными Макеевского инженерно-строительного института [2]; в – запатентованная Э. С. Разумовским и Р. Ш. Непаридзе [3]; г) разрабатываемая в ДонНАСА. 1 – аэратор; 2 – перегородка, разделяющая аэрируемую и отстойную зоны.

В описанных выше конструкциях требуется периодическая принудительная откачка ила из взвешенного слоя. Наряду с этим существуют конструкции, предполагающие возврат ила из взвешенного слоя через щели в перегородке за счет циркуляционных потоков в аэротенке [3]. В представленном на рисунке в аэротенке-отстойнике на уровне верха взвешенного слоя имеется щель между зонами аэрации и осветления. Со стороны аэротенка здесь происходит относительное разрежение за счет местного увеличения скорости потока. Поскольку пьезометрическое давление со стороны аэрируемой зоны оказывается меньше, чем со стороны взвешенного слоя, образуется циркуляция жидкости, обеспечивающая массообмен между осветлителем и аэротенком. Возврат ила из взвешенного слоя ограничивает как увеличение высоты слоя в результате накопления иловой массы, так и время пребывания активного ила в зоне осветления. Проблема эксплуатации таких конструкций заключается в затруднении гидромеханическими свойствами иловой смеси ее протекания сквозь щели.

Для усовершенствования возврата активного ила из взвешенного слоя в аэрируемую зону была разработана конструкция аэротенка-отстойника, предполагающая непринудительный возврат ила из взвешенного слоя в аэротенк (рис., г). Для испытания работы конструкции применялась лабораторная установка. Для подачи воздуха в установку использована затопленная эрлифтная система аэрации [4], позволяющая наиболее эффективно использовать энергию сжатого воздуха для создания восходящего потока жидкости. Подаваемый через тканевый аэратор воздух создает газлифтный эффект, и в эрлифтной трубе образуется восходящий поток. За пределами трубы поток меняет свое направление на нисходящее. Перегородка, которая разделяет аэротенк и отстойник, обладает наклонным козырьком. Нисходящий поток огибает козырек и объем жидкости под ним. За счет трения о нисходящий поток под козырьком образуется вихревое движение. Таким образом, в установке образуются два циркуляционных потока. Первый поток движим затопленным эрлифтом и необходим для осреднения концентраций, предотвращения залегания в аэротенке, приведения в движение второго потока. Второй поток осуществляет движение ила под козырьком, что способствует возможности его возврата в зону аэрации.

В модельной установке удавалось поддерживать концентрацию ила до 9 г/л. При этом гидравлическая нагрузка на отстойник составляла $3,6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Согласно нормам [5] при аналогичных седиментационных свойствах ила (произведение концентрации и илового индекса составляло 380 мл/л) предельная нагрузка на отстойник равна $1,35 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, что говорит о эффективности применения разработанной конструкции для получения устойчивого взвешенного слоя. Однако концентрация взвешенных веществ в очищенной жидкости составляла около 60 мг/л, что указывает на низкую эффективность осветления при такой концентрации и нагрузке, а следовательно, на необходимость дальнейших исследований с целью оптимизации параметров аэротенка-отстойника.

ВЫВОДЫ

Состояние взвешенного слоя при снижении гидравлической нагрузки и возврат из него ила в аэрируемую зону можно поддерживать за счет создаваемых системой аэрации циркуляционных потоков. Применение описанной технологии целесообразно и требует дальнейшего изучения и оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 120456 СССР, МПК С02F 3/14. Способ аэрации сточной жидкости и аэротенк для его осуществления [Текст] / Постников И. С. – № 2418/576711/23 ; заявл. 5.02.54 ; опубл. Бюл. № 11 1959. – 3 с. : ил.
2. А. с. 829563 СССР, МПК С02F 1/00, В01D 21/02, С02F 3/14. Аэротенк-отстойник [Текст] / Куликов Н. И., Гимадеев Р. А., Тихненко С. А., Окрушко В. Е., Чернышев В. Н., Смеюха И. И., Вертий В. В. ; заявитель и патентообладатель Макеев. инж.-строит. ин-т. – № 2771064/29-26 ; заявл. 28.05.79 ; опубл. 15.05.81, Бюл. № 18. – 3 с. : ил.
3. А. с. 592759 СССР, МПК С02F 3/14, В01D 21/02. Аэротенк-отстойник [Текст] / Разумовский Э. С., Непаридзе Р. Ш. ; заявитель и патентообладатель Науч.-исслед. ин-т. коммуна. водоснабж. и очист. воды Ордена Трудового Красного Знамени акад. коммуна. хоз. им. К.Д. Памфилова. – № 2312189/29-26 ; заявл. 9.01.76 ; опубл. 15.02.78, Бюл. № 6. – 2 с. : ил.
4. Нездойминов, В. И. Гидродинамическая модель работы аэротенка с затопленной эрлифтной системой аэрации [Текст] / В. И. Нездойминов, В. С. Рожков // Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – № 93. – С. 353–358.
5. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні системи та споруди. Основні положення проектування [Текст] / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – [На замін СНИП 2.04.03-85 ; чинні від 2014-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 210 с.

Получено 27.03.2016

Д. В. ЗАВОРОТНИЙ, О. В. ЖИБОЄДОВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ МУЛОВОЇ СУМІШІ В АЕРОТЕНКАХ- ВІДСТІЙНИКАХ ІЗ ЗАВИСЛИМ ШАРОМ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуті функції циркуляції мулової суміші. Висвітлені способи формування циркуляційних потоків в деяких характерних конструкціях аэротенків-відстійників із освітленням у завислому шарі активного мулу. Надано опис удосконаленого способу повернення мулової суміші із завислого шару аэротенка-відстійника в зону, яка аерується. Представлено результати лабораторних випробувань моделі аэротенка-відстійника розробленої конструкції.

аэрация, аэротенк-відстійник, завислий шар, мулова суміш, циркуляційний потік.

DMITRIY ZAVOROTNYI, ALEXANDER ZHI BOEDOV PROVIDING CIRCULATION OF SLUDGE MIX IN AEROPACK WITH BALANCED LAYER

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Functions of circulation of sludge mix are considered. Ways of forming circulating flows in some specific designs aeropack with clarification in blanked active sludge are found out. The description of method of mixing sludge return from aeropack balanced to the aeration zone is given. The results of laboratory researches of model of an aeropack with the developed design are presented.

aeration, aeropack, balanced, sludge mix, circulating flow

Заворотний Дмитро Вікторович – аспірант кафедри водопостачання, водовідведення та охорона водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: раціоналізація розрахунків і пристроїв систем транспортування рідин.

Жибоедов Олександр Вікторович – к. т. н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорона водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: очищення стічної рідини.

Заворотный Дмитрий Викторович – аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: рационализация расчетов и устройств систем транспортирования жидкостей.

Жибоедов Александр Викторович – к. т. н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: очистка сточной жидкости.

Zavorotnyi Dmitriy – post-graduate student, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the rationalization of payment devices and liquids transportation system.

Zhiboedov Alexander – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cleaning waste water.

УДК 625.745.51

К. А. ПИВОВАРОВА, А. В. ВЕСЕЛОВ, В. Ю. ДОМНИН

Институт строительства, архитектуры и искусства,
Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА АВТОДОРОГАХ

В данной статье обозначены функции, которые должно одновременно выполнять дорожное ограждение для обеспечения минимизации негативных последствий для автомобиля, водителя и пассажиров после вынужденного контакта с ограждением, сформулирован ряд требований к дорожному ограждению. На основе проведенных исследований разработано и представлено новое дорожное ограждение, позволяющее до минимума снизить повреждение автомобилей и травмирование водителей и пассажиров. Конструкция ограждения отличается простотой изготовления, монтажа и ремонта, низкой стоимостью и однотипностью конструктивных элементов.

автомобильные дороги, дорожные ограждения, дорожно-транспортные происшествия, плотная резина, спрессованная резиновая крошка

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Безопасность дорожного движения – комплекс мероприятий, направленный на обеспечение безопасности всех участников дорожного движения. Дорожное ограждение – неотъемлемая часть современных автомобильных дорог как в черте города, так и за ее пределами. Дорожное ограждение предназначено для исключения возможности движения транспортных средств в определенных направлениях и поглощения энергии удара при столкновении с ним транспортного средства. Столкновение с ограждением несколько безопаснее, чем столкновение с другим автомобилем, так как конструкция ограждений уменьшает силу удара.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ПУБЛИКАЦИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ

Основной задачей дорожного ограждения является обеспечение минимизации негативных последствий для движущегося с большой скоростью автомобиля, его водителя и пассажиров после вынужденного контакта с ограждением. Для этого в момент соприкосновения с автомобилем ограждение должно быть способным к одновременному выполнению следующих функций:

- возможности ограниченного равнозамедленного перемещения вместе с въехавшим в него автомобилем;
- созданию наибольшей площади соприкосновения контактирующих поверхностей автомобиля и ограждения;
- обеспечению максимальной временной продолжительности взаимодействия при контакте движущегося автомобиля с ограждением.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Детальный анализ особенностей дорожного ограждения, отвечающего указанным условиям, позволил сформулировать ряд требований к его конструктивному решению:

- ограждение должно собираться из отдельных демпфирующих элементов, объединенных гибкими связями между собой в секции, что обеспечивало бы при ударном контакте с автомобилем возможность ограниченного перемещения элементов ограждения относительно их первоначального положения;

© К. А. Пивоварова, А. В. Веселов, В. Ю. Домнин, 2016

- демпфирующие элементы ограждения должны быть достаточно прочными, чтобы не разрушаться при ударе автомобиля, и массивными, чтобы их перемещение под воздействием усилий от движущегося автомобиля было ограниченным;
- поверхности элементов дорожных ограждений, вступающих в контакт с движущимся автомобилем, должны упруго деформироваться при ударе;
- форма демпфирующего элемента должна обеспечивать максимальную площадь соприкосновения элемента с автомобилем;
- деформируемый материал демпфирующего элемента и совокупности элементов в секции в процессе контакта ограждения с автомобилем должны создавать плавное увеличение сопротивления усилию от движущегося автомобиля.

Рассмотренные ранее существующие конструктивные решения дорожных ограждений в различной степени не соответствуют этим требуемым функциональным и эксплуатационным свойствам. С учетом результатов проведенных теоретических исследований было принято решение о создании нового эффективного дорожного ограждения, конструкция которого в полной мере отвечала бы всем сформулированным требованиям. Новое дорожное ограждение состоит из нескольких деталей, а именно из цилиндрического стержня из плотной резины, жестко соединенного с основанием (рис. 1), на который надевается полый цилиндр, выполненный из спрессованной резиновой крошки (рис. 2).

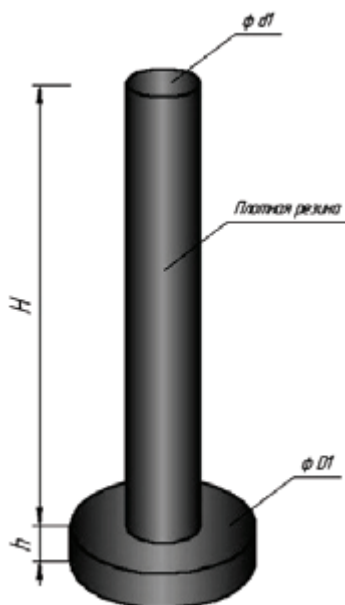


Рисунок 1 – Деталь 1 – цилиндрический стержень и цилиндрическое основание из плотной резины.

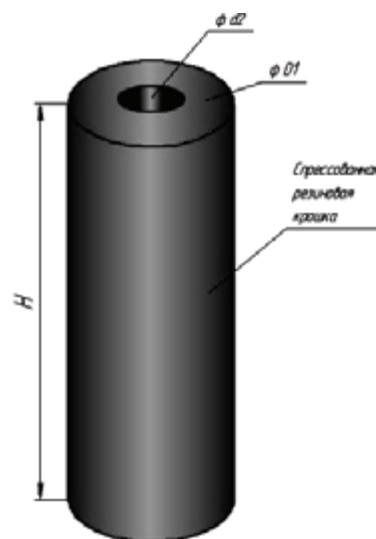


Рисунок 2 – Деталь 2 – полый цилиндр из спрессованной резиновой крошки.

Из собранных демпфирующих элементов можно выстраивать систему дорожного ограждения (рис. 3). Дорожными рабочими с применением автокранов выставляются в линию собранные элементы, через каждые 6–10 метров выполняются аналогичные элементы, но с металлической стойкой вместо резинового стержня, изготовленной из толстостенной трубы и заглубленной в землю на расчетную длину.

Каждый элемент дорожного ограждения плотно опоясывается в трех местах по высоте синтетическими ремнями из капрона, полиамида или полиэстера (рис. 4). Концы ремней каждого элемента крепятся с аналогичными концами соседних элементов (рис. 5), в результате чего образуется цепь дорожного ограждения длиной 6...10 м, крайние элементы которого выполнены с металлической стойкой из толстостенной трубы, заглубленной в грунт. Ширина и толщина ремней рассчитывается в соответствии с требуемой нагрузкой на каждом определенном участке автомобильной дороги.

Работа дорожного ограждения при наезде на него автомобиля заключается в следующем. Первыми в контакт с движущимся автомобилем вступают внешние слои нескольких демпфирующих элементов, выполненные из спрессованной резиновой крошки. В результате их деформации происходит значительное увеличение поверхности контакта автомобиля с ограждением.

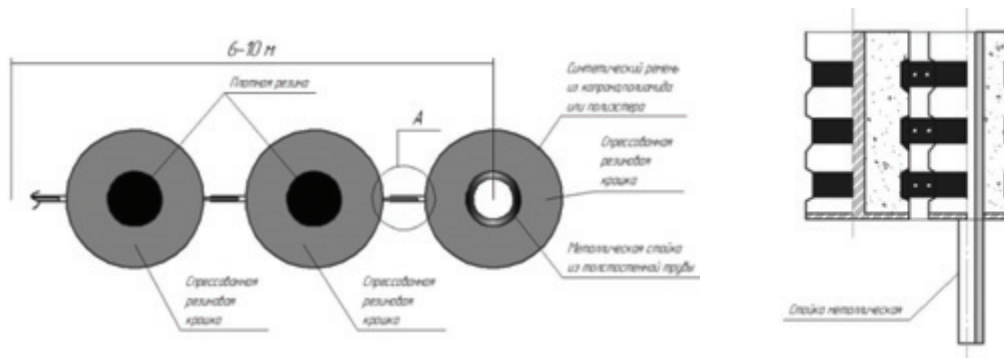


Рисунок 3 – Система нового эффективного дорожного ограждения (вид сверху и вид сбоку).

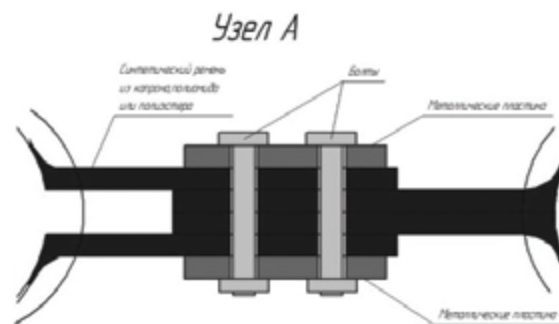


Рисунок 4 – Схема закрепления соседних элементов дорожного ограждения.

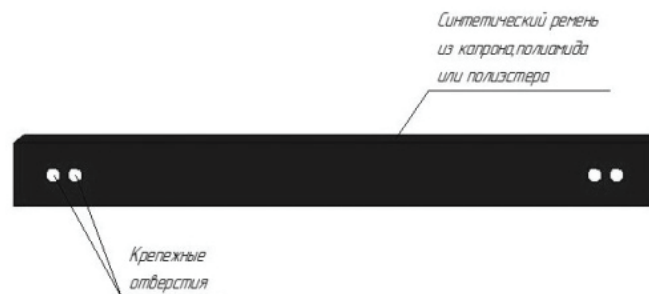


Рисунок 5 – Деталь 3 – крепежные ремни.

В процессе деформации внешнего полого цилиндра демпфирующего элемента происходит изменение его первоначальной округлой формы в эллипсовидную. Это приводит к увеличению длины каждого демпфирующего элемента секции ограждения, что в свою очередь приводит к увеличению общей длины секции (рис. 6).

ВЫВОДЫ

Увеличение длины секции дорожного ограждения позволяет значительно увеличить время взаимодействия автомобиля с ограждением, в течение которого происходит замедление скорости автомобиля до полной его остановки. Увеличение продолжительности взаимодействия автомобиля с ограждением позволяет снизить величину напряжений, возникающих в местах их контакта, что способствует уменьшению степени повреждения автомобиля. Части ограждения, вступившие в контакт с движущимся автомобилем, сдерживая автомобиль, сдвигаются по одной с ним траектории, в пределах возможного удлинения крепежных ремней до полной остановки автомобиля.

Несомненным преимуществом нового дорожного ограждения является то, что после произошедшего дорожно-транспортного происшествия со съездом автомобиля с проезжей части дороги, ремонт



Рисунок 6 – Схема деформации демпфирующих элементов дорожного ограждения при взаимодействии с движущимся автомобилем: а) форма демпфирующего элемента в недеформированном состоянии; б) форма сечения демпфирующего элемента при деформации от взаимодействия с движущимся автомобилем.

ограждения сводится к возвращению в исходное положение его элементов и возможной замене некоторых крепежных ремней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52606-2006. Технические средства организации дорожного движения. Классификация дорожных ограждений [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2008-01-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 6 с.
2. Справочная энциклопедия дорожника [Текст]. Том V. Проектирование автомобильных дорог / Под ред. Г. А. Федотова, П. И. Поспелова. – М. : Информавтодор, ВиАрт Плюс, 2007. – 815 с.
3. Льюров, М. Дорожные ограждения для снижения тяжести ДТП [Электронный ресурс] / М. Льюров // Основные средства. – 2003. – № 12. – Режим доступа : <http://os1.ru/article/7626-dorojnye-ograjdeniya-dlya-snijeniya-tyazhesti-dtp/>.
4. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2006-01-01. – М. : Стандартинформ, 2006. – 95 с.

Получено 29.03.2016

К. О. ПІВОВАРОВА, О. В. ВЕСЕЛОВ, В. Ю. ДОМНІН ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ ДОРОЖНИХ ОГОРОДЖЕНЬ ДЛЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА АВТОШЛЯХАХ

Іститут будівництва, архітектури і мистецтва, Магнітогорський державний технічний університет ім Г. І. Носова

У даній статті позначені функції, які має одночасно виконувати дорожню огорожу для забезпечення мінімізації негативних наслідків для автомобіля, водія і пасажирів після вимушеного контакту з огорожею, сформульовано ряд вимог до дорожнього огородження. На основі проведених досліджень розроблено і представлено нове дорожнє огородження, що дозволяє до мінімуму знизити ушкодження автомобілів і травмування водіїв і пасажирів. Конструкція огородження відрізняється простотою виготовлення, монтажу та ремонту, низькою вартістю і однотипністю конструктивних елементів.

автомобільні дороги, дорожні огорожі, дорожньо-транспортні пригоди, щільна гума, спресована гумова крихта

KSENIA PIVOVAROVA, ALEXANDER VESELOV, VITALIY DOMNIN ENSURING SAFETY ON THE ROADS WITH THE USE OF GUARDRAILS

Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University

In this article, designated functions that must simultaneously perform road fence to ensure the minimization of negative consequences for the car, the driver and passengers after the forced contact with the fence, made a number of requirements for road barriers. Based on the studies developed and presented a new road fence, allowing to minimize the damage to the vehicle and injury to drivers and passengers. fencing Construction differs simplicity of manufacture, installation and maintenance, low cost and uniformity of components.

roads, road barriers, traffic accidents, dense rubber, compressed rubber crumb

Пивоварова Ксения Александрівна – магістрант кафедри будівельного виробництва Інститута будівництва, архітектури і мистецтва, Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова. Наукові інтереси: розвиток технологій будівництва та експлуатації автомобільних доріг, удосконалення систем безпеки дорожнього руху, впровадження нових технологій і оцінка їх працездатності в системі автомобільних доріг, шляхи вдосконалення енергосистем, способи зменшення енергоспоживання, економія і збереження енергоресурсів.

Веселов Олександр Васильович – к. т. н., доцент кафедри будівельного виробництва Інститута будівництва, архітектури і мистецтва, Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова. Наукові інтереси: шляхи вдосконалення енергосистем, способи зменшення енергоспоживання, економія і збереження енергоресурсів, розвиток технологій будівництва та експлуатації автомобільних доріг, удосконалення систем безпеки дорожнього руху, впровадження нових технологій і оцінка їх працездатності в системі автомобільних доріг.

Домнин Віталій Юрійович – магістрант кафедри будівельного виробництва Інститута будівництва, архітектури і мистецтва, Магнітогорського державного технічного університету ім. Г. І. Носова. Наукові інтереси: розвиток технологій будівництва та експлуатації автомобільних доріг, удосконалення систем безпеки дорожнього руху, впровадження нових технологій і оцінка їх працездатності в системі автомобільних доріг, шляхи вдосконалення енергосистем, способи зменшення енергоспоживання, економія і збереження енергоресурсів.

Пивоварова Ксения Александровна – магістрант кафедри строительного производства Института строительства, архитектуры и искусства Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. Научные интересы: развитие технологий строительства и эксплуатации автомобильных дорог, усовершенствование систем безопасности дорожного движения, внедрение новых технологий и оценка их работоспособности в системе автомобильных дорог, пути совершенствования энергосистем, способы уменьшения энергопотребления, экономия и сохранение энергоресурсов.

Веселов Александр Васильевич – к. т. н., доцент кафедры строительного производства Института строительства, архитектуры и искусства Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. Научные интересы: развитие технологий строительства и эксплуатации автомобильных дорог, усовершенствование систем безопасности дорожного движения, внедрение новых технологий и оценка их работоспособности в системе автомобильных дорог, пути совершенствования энергосистем, способы уменьшения энергопотребления, экономия и сохранение энергоресурсов.

Домнин Виталий Юрьевич – магістрант кафедри строительного производства Института строительства, архитектуры и искусства Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. Научные интересы: развитие технологий строительства и эксплуатации автомобильных дорог, усовершенствование систем безопасности дорожного движения, внедрение новых технологий и оценка их работоспособности в системе автомобильных дорог, пути совершенствования энергосистем, способы уменьшения энергопотребления, экономия и сохранение энергоресурсов.

Pivovarova Ksenia – Master Degree student, Building Production Department, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University. Scientific interests: development of technologies of construction and maintenance of roads, improvement of security of traffic, the introduction of new technologies and assess their efficiency in the system of roads, ways to improve energy systems, methods for reducing power consumption, saving and saving energy.

Veselov Alexander – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Building Production Department, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University. Scientific interests: development of technologies of construction and maintenance of roads, improvement of security of traffic, the introduction of new technologies and assess their efficiency in the system of roads, ways to improve energy systems, methods for reducing power consumption, saving and saving energy.

Domnin Vitaliy – Master Degree student, Building Production Department, Institute of Construction, Architecture and the Arts, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University. Scientific interests: development of technologies of construction and maintenance of roads, improvement of security of traffic, the introduction of new technologies and assess their efficiency in the system of roads, ways to improve energy systems, methods for reducing power consumption, saving and saving energy.

УДК 699.812.2

Д. А. ПЛОТНИКОВ, Т. С. БАШЕВАЯ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В данной статье произведена оценка основных существующих средств огнезащиты для железобетонных конструкций, представленных на рынке строительных материалов, подробно рассмотрен механизм их действия, проанализированы основные компоненты, в составе огнезащитных материалов, выявлены их достоинства и недостатки. Также дана субъективная оценка будущего перспективного развития материалов, средств огнезащиты и огнезащитных составов для железобетонных конструкций.

средства огнезащиты, огнестойкость железобетонных конструкций

Принимая во внимание современные тенденции развития высотного строительства, специфику, высоту этих зданий, а также время, затрачиваемое на ликвидацию возможных пожаров, к высотным сооружениям предъявляются повышенные требования по пределам огнестойкости (до REI 240). Для достижения такого предела огнестойкости необходимо исключить возможность прогревания арматуры до критической температуры (300...500 °С) [1]. Для таких целей широко применяются огнезащитные конструкции (экраны) или покрытия на основе негорючих теплоизолирующих и теплопоглощающих материалов. Огнезащитное действие экранов основано на их высокой огнестойкости и сохранении свойств и структуры при высоких температурах. Наиболее распространённым способом дополнительной защиты является использование несгораемых противопожарных плит на основе каменной ваты, керамзита, вермикулита и перлита [3]. Применение таких технологий, как обетонирование, облицовка из кирпича и оштукатуривание цементно-песчаными штукатурками, позволяет добиться предела огнестойкости конструкции в диапазоне 0,75...2,50 часов. Данные способы огнезащиты рекомендуется применять на объектах реконструкции (где одновременно требуется произвести их усиление). К преимуществам данных способов огнезащиты относят весьма невысокую стоимость материалов, устойчивость к воздействию влаги, углекислого газа, простоту применения, большую прочность, возможность окраски. Но нельзя обойти вниманием склонность бетона к взрывному отслаиванию (при влажности тяжелого бетона более 3,5 %, легкого – более 5 %). Также не следует забывать, что данный способ огнезащиты способствует значительному утяжелению несущих конструкций [4].

При использовании конструктивных методов добиться высокой огнестойкости крайне сложно, поэтому возникает необходимость использовать огнезащитные составы и материалы. Пропитка защищаемых поверхностей специальными огнезащитными составами (пропитки, краски и лаки) и огнестойкими штукатурками является наиболее простым в реализации способом повышения огнестойкости строительных конструкций и элементов внутренней отделки [2]. Антипиреновые пропитки (соли борной кислоты, соли фосфорной и кремниевой кислот: диаммоний фосфат, серноокислый аммиак) препятствуют горению и тлению защищаемого материала. Для основания под краску могут использоваться огнестойкие герметики, пасты, шпаклевки и штукатурные растворы на основе жидкого стекла, строительного гипса, глиноземистого цемента и т. п. [2]. Вспученный вермикулит – материал, полученный путем измельчения и кратковременного обжига в печах природного вермикулита. Применяется при производстве теплоизоляционных изделий, в качестве заполнителя для

вермикулитбетон и добавок в декоративные штукатурные растворы. Вспученный перлит получают путём измельчения и обжига перлита, обсидиана и других вулканических горных пород стекловидного строения. На основе его смеси с вяжущим веществом получают растворные и бетонные смеси, из которых формируют теплоизоляционные изделия (плиты, скорлупы, сегменты, кирпич) или выполняют теплоизоляционные, звукопоглощающие и декоративные штукатурки. Основной компонент каменной ваты – волокна, получаемые из расплава горных пород базальтовой группы. Высокое качество получаемых волокон обеспечивает малый коэффициент теплопроводности, что весьма важно для огнезащитных материалов. Поскольку температура плавления волокон – более 1 000 °С, изоляция из каменной ваты позволяет долгое время сдерживать распространение огня и разрушение строительных конструкций, а благодаря хаотичному расположению волокон, огнезащитные изделия из каменной ваты сохраняют свою структуру под воздействием высоких температур [2].

Одним из перспективных способов улучшения теплозащитных свойств бетона является применение термостойкого бетона с добавлением в его структуру, к примеру, шунгита, для защиты ж/б конструкций и повышения их огнестойкости за счет снижения «хрупкого» разрушения бетона при пожаре. Вспучивание шунгита происходит в интервале температур 450...1 100 °С. Вспученный шунгит обладает высокой термостойкостью, прочностью, не токсичен, не подвержен гниению и препятствует распространению плесени, имеет высокую температурную стойкость, огнестойкость, отражающую способность. Ранее проведенные испытания [4] показали, что наилучшие результаты, с точки зрения прочности сцепления защитного слоя из термостойкого бетона с железобетонной конструкцией, составляют не менее 0,1 МПа, достигаются при плотности термостойкого бетона до 1 500 кг/м³ и прочности при сжатии не менее 10 МПа. Сравнительные испытания образцов показали следующее: предлагаемый состав термостойкого бетона с добавкой шунгита позволяет повысить термостойкость бетона при 900 °С в 12 раз, а при 1 100 °С в 6 раз [4]. В таблице приведена характеристика, механизм действия, перечень основных компонентов и максимальный предел огнестойкости основных средств огнезащиты.

Таблица – Характеристика основных средств огнезащиты

Средство огнезащиты	Механизм действия	Основные компоненты	Максимальный предел огнестойкости, мин
Интумесцентные полифосфатные составы	Эндотермические процессы с образованием теплоизоляционного слоя	Полиол, полифосфаты аммония, газообразователь, полимерное связующее	90
Составы на основе терморасширяющегося графита	Вспучивание графита с образованием термостойкого и негорючего теплоизоляционного слоя	Терморасширяющийся графит, антиперен, полимерное связующее	60
Огнезащитные штукатурки смеси специального состава	Теплоизоляция	Перлит, вермикулит, огнеупорные волокна с наполнителями, минеральное вяжущее	180
Конструктивные огнезащитные материалы, плиты, скорлупы, кирпичи	Защитные теплоизоляционные экраны	Обетонирование, облицовка из кирпича, перлит	240

ВЫВОДЫ

На данный момент для железобетона разработано довольно большое количество разнообразных огнезащитных смесей и материалов, которые имеют свои преимущества и недостатки. К основным недостатком можно отнести следующие: высокая вероятность повреждения элементов конструктивной огнезащиты (защитные экраны) или огнестойкой штукатурки при возникновении пожаров от действия взрыва, например в случае терактов; нерациональность применения огнезащитных составов (краски и лаки) для железобетонных конструкций, так как повышение времени огнестойкости от их использования незначительное, а низкая адгезия с бетоном данных составов практически снижает до нуля целесообразность их использования. Проведенные исследования показали актуальность

и перспективность применением термостойких бетонов, и именно в этом направлении необходимо проводить дальнейшие исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ройтман, В. М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий [Текст] / В. М. Ройтман. – М. : Пожарная безопасность и наука, 2001. – 382 с.
2. Тужилкина, А. Международная межвузовская научно-творческая конференция [Текст] / А. Тужилкина, Е. А. Федоренко ; науч. ред. А. В. Жинкина. – Краснодар : КСЭИ, 2014. – 131 с.
3. Хежев, Т. А. Технология армоцементных конструкций высокой огнестойкости с теплозащитным слоем из легкого бетона [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Т. А. Хежев. – Ростов н/Д, 2007. – 39 с.
4. Загоруйко, Т. В. Использование термостойких материалов на основе легких заполнителей для повышения огнестойкости строительных конструкций [Текст] / Т. В. Загоруйко, В. Т. Перцев // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2011. – № 1(1). – С 29–31.

Получено 30.03.2016

Д. О. ПЛОТНИКОВ, Т. С. БАШЕВА АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСОБІВ ВОГНЕЗАХИСТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури.

У даній статті зроблено оцінку основних існуючих засобів вогнезахисту для залізобетонних конструкцій, представлених на ринку будівельних матеріалів, детально розглянуто механізм їх дії, проаналізовано основні компоненти в складі вогнезахисних матеріалів, виявлені їх переваги і недоліки. Також дана суб'єктивна оцінка майбутнього перспективного розвитку матеріалів, засобів вогнезахисту і вогнезахисних складів для залізобетонних конструкцій.

засоби вогнезахисту, вогнестійкість залізобетонних конструкцій

DENIS PLOTNIKOV, TATYANA BASHEVAYA ANALYSIS OF FEATURES MEANS OF FIRE PROTECTION OF CONCRETE CONSTRUCTIONS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This paper evaluated the major existing means of fire protection systems for concrete structures on the market of construction materials, discussed in detail the mechanism of action, analyzed the main components in the composition of flame retardant materials, identified the advantages and disadvantages of each. Also, it has been given the subjective assessment of the future development of promising materials, fireproofing agents and flame retardants for reinforced concrete structures.

means of fire protection, fire resistance of reinforced concrete structures

Плотніков Денис Олександрович – асистент кафедри охорони праці БЖД та цивільного захисту Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: пошук оптимальних методів і засобів протипожежного захисту будівельних конструкцій, систем забезпечення пожежної безпеки будівельних об'єктів.

Башев Тетяна Сергіївна – к. т. н., доцент кафедри охорони праці БЖД та цивільного захисту Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: підвищення екологічної безпеки при поведженні з відходами автомобільного транспорту; забезпечення безпеки при проведенні будівельних робіт; безпеку населення в умовах урбанізованого середовища.

Плотников Денис Александрович – ассистент кафедры охраны труда БЖД и гражданской защиты Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: поиск оптимальных методов и средств противопожарной защиты строительных конструкций, систем обеспечения пожарной безопасности строительных объектов.

Башевая Татьяна Сергеевна – к. т. н., доцент кафедры охраны труда БЖД и гражданской защиты Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: повышение экологической безопасности при обращении с отходами автомобильного транспорта; обеспечение безопасности при проведении строительных работ; безопасность населения в условиях урбанизированной среды.

Plotnikov Denis – Assistant, Occupational Safety and Civil Protection BC Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the search for optimal methods and means of fire protection of building structures, fire safety systems, building objects.

Bashevaya Tatyana – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Occupational Safety and Civil Protection BC Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving environmental safety in the handling of motor transport of waste; safety during construction; security of the population in conditions of urban environment.

УДК 614.8:[355.58:159.923]

Е. И. ДОБРЯКОВА

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «РЕСПИРАТОР», г. Донецк

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ ЛЮДЕЙ ДЕЙСТВИЯМ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

Статья посвящена вопросам повышения эффективности обучения населения правилам пожарной безопасности и безопасному поведению при пожаре с учетом психологических особенностей реакции на экстремальные ситуации. Отражены особенности реагирования людей на тревожные сигналы, степень задымления помещений, осведомленность о наличии путей эвакуации, их достаточности и безопасности. Отмечены поведенческие особенности при принятии решений в режиме недостатка времени. Рекомендовано при проведении обучения и инструктажей по правилам пожарной безопасности фиксировать внимание слушателей не только на пагубных последствиях недооценки ситуации, но и особенностях изменения психики в условиях повышенной опасности, таких как сужение объема восприятия, «пустые фиксации», разорванный характер мышления, снижение процесса понимания и синтеза информации.

пожар, психология поведения, экстремальные ситуации, эвакуация, инструктаж, обучение, пожарно-технический минимум

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Рост гибели людей на пожарах свидетельствует о недостаточной информированности населения о правилах предотвращения пожаров и безопасного поведения в экстремальных ситуациях.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросы низкой эффективности системы обучения рассматриваются в работе [3], при этом автор указывает на формализм проведения обучения, скудность информации при инструктаже. Автор считает, что в условиях быстроменяющейся ситуации оказать интеллектуальную поддержку при принятии решений невозможно. Это необходимо делать заблаговременно, без ограничения во времени, путем планирования возможных решений через обучение с помощью компьютерных программ. Действительно, использование такой формы обучения целесообразно. Однако в условиях реального времени может рассматриваться как перспектива развития.

ЦЕЛИ

Задачей статьи является изучение вопросов, на которых необходимо акцентировать внимание слушателей во время проведения обучения для учета психологических особенностей поведения человека при пожаре.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Актуальность повышения качества обучения правилам пожарной безопасности подтверждается статистическими данными о растущем количестве пожаров и пострадавших на них. По данным Всемирного Центра пожарной статистики (ВЦПС), (г. Женева) и Центра пожарной статистики (ЦПС) КТИФ, за один год в мире в среднем происходит 7...8 млн пожаров, на которых гибнет 85...90 тысяч человек и травмируется 600...800 тысяч человек [1]. В жилье в среднем происходит около 30 % пожаров, на которых гибнет 80 % людей от общего числа погибших. Среди причин возникновения пожаров лидирует неосторожное обращение с огнем. Что лежит в основе причин возникновения

© Е. И. Добрякова, 2016

пожара – отсутствие знаний правил пожарной безопасности или поверхностное к ним отношение? Как можно научить человека избежать роковой встречи с пожаром и его последствиями? В основе государственной политики всех развитых стран мира вопрос предупреждения пожаров и ущерба от них занимает особое место и предусматривает не только разработку норм и правил безопасного строительства, эксплуатации зданий, сооружений и технологического оборудования, но и ознакомление с ними населения. Разрабатываются механизмы обучения, его виды и формы, направляются денежные средства на обеспечение повышения уровня знаний населения. Практика показывает, что чем выше пожарная опасность производства, тем более жестко контролируется соблюдение правил пожарной безопасности и ответственно относятся к проведению обучения. Повысить уровень знаний всего населения независимо от возраста сложнее, учитывая различную степень доступности к информации и заинтересованности в ее получении различных слоев общества. Обучение учащихся и работающей части населения регламентируется законодательством в зависимости от рода деятельности и опасности производства и предусматривает различные виды инструктажей и прохождения специального обучения (в том числе пожарно-технического минимума). Разработаны учебные программы, определен законодательно принцип обучения с последующей проверкой знаний. Но, как показывает практика, стопроцентного усвоения материала не достигается. Организация обучения на современном этапе нуждается в совершенствовании, например, необходим глубокий анализ факторов, которые влияют на психологическое состояние человека в экстремальных условиях. В середине прошлого века опубликован ряд работ, таких известных ученых, как J. I. Bryan, P. Q. Wood, R. V. Aronson, J. Nesur, В. И. Дугов, Ю. Зуев, которые изучали в условиях реальных пожаров и во время обучения изменение поведения людей и особенности восприятия информации в зависимости от внешних воздействий и субъективности восприятия. Реакция на стресс зависит от многих психологических факторов [2]. В модели поведения человека при пожаре исследователи рассматривают три этапа:

1. Получение сигнала и его восприятие.
2. Собственное поведение.
3. Дальнейшие последствия.

Факторы, влияющие на восприятие полученной информации о пожаре и реакцию на нее, рассмотрены в приведенной схеме.

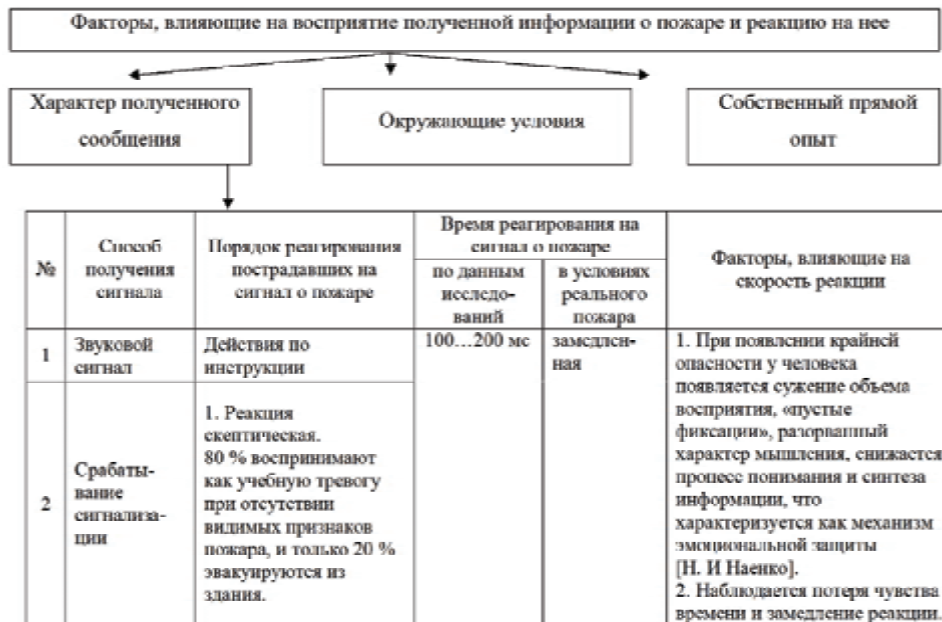


Схема – Способы получения тревожных сигналов и реакции людей на них.

Следовательно, при повышении доверия к информации через осознанность риск пострадать во время пожара снижается. Другими словами, если каждый будет осознавать, что при получении любого сигнала об опасности безопасней на него отреагировать, пусть даже сигнал ложный, чем в экстремальных условиях с измененным сознанием оказаться один на один с безжалостной стихией. На

этом факте необходимо акцентировать внимание при проведении обучения. Человек в условиях пожара ведет себя уверенней, если убежден в том, что эвакуационных выходов достаточно. К основным действиям, совершаемым пострадавшими в условиях пожара, относится эвакуация. По данным автора [J. I. Вryan], число самостоятельно эвакуировавшихся из горящего здания колеблется от 20 до 54 %. По различным причинам отказываются от самостоятельной эвакуации приблизительно 45 % от численности людей, находящихся в здании. 50 % из них считают, что опасность невелика. Такая реакция людей свидетельствует о явной недооценке опасности [3]. При проведении обучения и инструктажей по правилам пожарной безопасности необходимо заострить внимание слушателей не только на пагубных последствиях недооценки ситуации, но и особенностях изменения психики в условиях повышенной опасности, таких как сужение объема восприятия, «пустые фиксации», разорванный характер мышления, снижение процесса понимания и синтеза информации. Как показывают исследования, при слабом задымлении 95 % от общего количества эвакуировались обычным маршрутом и испытывали страх перед передвижениями через незнакомые помещения. При сильном задымлении 38,5% находящихся в здании людей пытались выбраться из окон.

ВЫВОДЫ

Исследования, проведенные в данной статье подтверждают, что в условиях недостатка времени и наличия давления на психику через внешние раздражающие факторы человек способен принять правильное решение в том случае, если алгоритм поведения заложен заранее на подсознание путем неоднократных повторений и воздействий на различные рецепторы: зрение, слух и т. д. Единственным возможным решением является заблаговременное, без ограничения во времени, планирование возможных вариантов спасения во время обучения [4]. Целесообразно изучать вопросы предотвращения пожара, порядка действий при его возникновении, способов ликвидации загораний и алгоритм действий, обеспечивающих безопасную эвакуацию из горящего здания, отдельными блоками. Следует четко прописывать всю цепочку взаимодействия всех предполагаемых участников с конкретизацией вариантов решения поставленных задач и распределением обязанностей. Структурирование действий снижает вероятность панических настроений.

Использование «шоковой терапии», анализа конкретных пожаров и причин гибели людей в процессе обучения позволит перевести информацию на уровень подсознания и обеспечит использование полученных знаний в экстремальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2012 году» [Текст] / [Разраб. : В. С. Артамонов и др.]. – М. : МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2013. – 341 с. – ISBN 978-5-93970-085-6.
- 2 Дутов, В. И. Психофизиологические и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре [Текст] / В. И. Дутов, И. Г. Чурсин. – М. : СЦЕМП «Защита», 1993. – 202 с.
- 3 Евграфов, П. М. Подготовка населения к действиям при пожарах как единая информационно-техническая и психологическая проблема [Текст] / П. М. Евграфов, А. Н. Нестеров, О. В. Нестерова // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – Том 17, № 5. – С. 5–15.
- 4 Евграфов, П. М. Система интеллектуальной поддержки принятия решений при пожаре [Текст] / П. М. Евграфов // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – № 4. – С. 10–18 ; № 5. – С. 15–21.

Получено 01.04.2016

О. І. ДОБРЯКОВА

ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ НАВЧАННЯ ЛЮДЕЙ ДІЯМ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

Державний науково-дослідний інститут гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «РЕСПІРАТОР», м. Донецьк

Стаття присвячена питанням підвищення ефективності навчання населення правилам пожежної безпеки та безпеки поведінки при пожежі з урахуванням психологічних особливостей реакції на екстремальні ситуації. Висвітлено особливості реагування людей на тривожні сигнали, ступінь задымлення приміщень, обізнаність про наявність шляхів евакуації, їх достатності та безпеки. Відзначено поведінкові особливості при прийнятті рішень в режимі нестачі часу. Рекомендовано при проведенні навчання та інструктажів з правил пожежної безпеки фіксувати увагу слухачів не тільки

на згубні наслідки недооцінки ситуації, а й особливості зміни психіки в умовах підвищеної небезпеки, таких як звуження обсягу сприйняття, «порожні фіксації», розірваний характер мислення, зниження процесу розуміння і синтезу інформації.

пожежа, психологія поведінки, екстремальні ситуації, евакуація, інструктаж, навчання, пожежно-технічний мінімум

ELENA DOBRYAKOVA

PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF TEACHING PEOPLE ACT IN THE EVENT OF FIRE

State Scientific-Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection
«Respirator», Donetsk

This article is devoted to increasing the effectiveness of training of the population to the rules of fire safety and the behavior in case of fire, taking into account the psychological characteristics of response to emergency situations. The features of people to respond to alarms, the degree of smoke space, awareness of the availability of evacuation routes, their sufficiency and security have been found out. Behavioral characteristics when deciding on mode of lack of time have been given. During training and instruction on the rules of fire safety it has been recommended to fix the attention of the audience, not only on the harmful consequences of underestimating the situation, but also the peculiarities of mentality change in high-risk, such as narrowing the scope of perception, «the empty lock» torn nature of thinking, reducing the process of understanding and synthesizing information.

fire, the psychology of behavior, emergencies, evacuation, coaching, training, fire-technical minimum

Добрякова Олена Іванівна – провідний інженер відділу техногенної безпеки Державного науково-дослідного інституту гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «Респіратор». Наукові інтереси: розвиток загальної методики оцінки впливу психологічних факторів на особливості поведінки людини під час пожежі і їх вплив на безпеку евакуації. Оцінка стійкості будівель з металевим каркасом під час пожежі. Проектування вогнезахисту металевих конструкцій.

Добрякова Елена Ивановна – ведущий инженер отдела техногенной безопасности Государственного научно-исследовательского института горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор». Научные интересы: развитие общей методики оценки воздействия психологических факторов на особенности поведения человека при пожаре и их влияние на безопасность эвакуации. Оценка устойчивости зданий с металлическим каркасом при пожаре. Проектирование огнезащиты металлических конструкций.

Dobryakova Elena – Senior Engineer of Technological Safety Department, State Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection «Respirator». Scientific interests: the development of a common methodology for assessing the impact of psychological factors on the peculiarities of human behavior in a fire, and their impact on the safety of the evacuation. Assessment of the stability of buildings with metal frames in a fire. Design of fire protection of metal structures.

УДК 504.5

М. А. БРЕЧАЛОВА

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «РЕСПИРАТОР», г. Донецк

ПРОНИКНОВЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВУ И ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ РАЙОНЕ ДОНБАССА

Статья посвящена проблеме хранения опасных отходов производства, в результате чего наблюдается миграция токсичных веществ в почву, породы, поверхностные и подземные воды, а также другие объекты окружающей среды. В ходе работы акцент поставлен на процесс инфильтрации токсичных продуктов химического производства по породам зоны выветривания, водоносным горизонтам и тектоническим нарушениям, достигающих шахтных полей, а также миграции опасных веществ вместе с шахтными водами. Рассмотрена сложившаяся неблагоприятная экологическая ситуация с учетом особенностей нашего региона, который насчитывает большое количество аварийноопасных предприятий, расположенных на подрабатываемой территории. Предложены возможные подходы к изучению путей миграции химически опасных веществ для предотвращения разрастания масштабов экологической катастрофы и повышения уровня безопасности.

опасные отходы, миграция токсичных веществ, инфильтрация, горные выработки, техногенная авария, экологическая катастрофа

Проблема загрязнения почв и грунтовых вод при инфильтрации загрязняющих веществ в результате техногенной деятельности является одной из самых актуальных и требует особого внимания ученых и общественности. Серьезную угрозу представляет хранение опасных отходов производства, в результате чего наблюдается миграция токсичных веществ в почву, породы, поверхностные и подземные воды, а также другие объекты окружающей среды.

Данная тема стала предметом обсуждения в работах многих авторов, таких как: Н. Н. Киселев, Н. А. Дуброва, А. Д. Истомина и др. В работе [1] рассмотрены возможные пути миграции поллютантов с поверхностных источников загрязнения в массив горных пород на основе режимных гидрогеологических наблюдений. Математическая модель, описывающая основные физико-химические процессы, происходящие в системе газовая фаза – водная фаза – грунт представлена в статье [2]. Также в качестве примера в работе [3] рассматривается ситуация на реальном объекте региональном хранилище РАО на севере Калужской области.

Цель данной статьи – рассмотреть проблему загрязнения почв и грунтовых вод при инфильтрации загрязняющих веществ в результате техногенной деятельности.

Распространение ядовитых веществ от места аварии на химически опасном объекте, расположенном на горном отводе шахты до места проникновения в горную выработку сопровождается реагированием их с химическими веществами почвы, массива горных пород и подземных вод. Образующиеся продукты физико-химических процессов формируют новые формы миграции ядовитых веществ. В зависимости от условий миграции и природных реакционно-способных веществ, форма ядовитых веществ постоянно изменяется. Поэтому независимо от чистоты одного ядовитого вещества на горные выработки будет влиять группа химических токсичных веществ образовавшихся в процессе их проникновения. В месте появления ядовитых веществ образуется очаг химического заражения, который распространяется по ходу водотока и воздушного потока.

Опасные химические вещества проникали в горные выработки шахт «Александр-Запад» и «Углегорская» с поверхностных объектов Горловского химического завода. Вещества поступали в выработки растворенными в воде, а после испарения попадали в воздух. Уровень загрязнения рудничного воздуха и воды фенолом, толуолом, хлорбензолом имел тенденцию к нарастанию [4].

© М. А. Бречалова, 2016

При проведении спасательных работ защитные костюмы горноспасателей не обеспечили охрану здоровья и жизни людей, что привело к гибели горняков и массовому отравлению рабочих шахт и горноспасателей. Также сложившаяся чрезвычайная ситуация создала огромную угрозу отравления поверхностных водоемов.

В ходе дальнейшего расследования на территории химзавода была обнаружена свалка твердых и жидких отходов химического производства, которые сбрасывались в течение долгих лет без принятия каких-либо мер, препятствующих проникновению вредных веществ в почву и грунтовые воды. Проведенные исследования установили наличие фенолов, формальдегидов, цианидов и др. опасных веществ. В таблице приведены аварийные ситуации, которые происходили в центральном районе Донбасса на шахтах «Александр-Запад» и «Углегорская».

Таблица – Аварийные ситуации, произошедшие в центральном районе Донбасса на шахтах «Александр-Запад» и «Углегорская»

№ п/п	Дата	Глубина распространения, м	Происшествие	Концентрация вещества, мг/м ³	Предпринятые действия
1	август 1989 г.	400	Пролив хлорбензола в почву со склада легковоспламеняющихся жидкостей в количестве 39 т	–	На шахте введен ежедневный контроль за наличием хлорбензола, планом ликвидации аварии предусмотрен вывод людей из забоев при концентрации этого вещества в воздухе, превышающих ПДК
2	02.12.1989 г.	400	На участке № 165 шахты «Александр–Запад» отмечено усиление запаха хлорбензола, повышенный приток воды с сильным его запахом	200	Обследование выработок службой ВГСЧ, поиски и вывод людей, попавших в аварию. Выведены рабочие смены
3	03.12.1989 г.	400		8 200–14 480	Предпринимались попытки реверсировать воздушную струю, а затем увеличить подачу воздуха на аварийный участок при изменении схемы вентиляции
4	09.12.1989 г.	–	Утечка со складов Горловского химического завода ацетона в количестве 25–30 т	–	На шахту доставлены защитные костюмы, имеющие паспортную стойкость в среде с парами хлорбензола 8 ч, ацетона – 2 ч, оборудованных дыхательной аппаратурой с запасом воздуха, рассчитанным всего на 25...45 мин. 15 декабря активные спасательные работы были прекращены, шахта закрыта.
5	1963–1990 гг.	400...450	Проникновение веществ в горные выработки путем фильтрации с мест захоронения отходов Горловского химического завода. Отмечено наличие в пробах воды: – формальдегид – фенол – цианиды – тринитротолуолы	900 до 0,0032 до 0,24 превышающие ПДК	Проведены анализ проб воды отобранных в шахте «Углегорская»

Неоднократно эксперты подчеркивали, что именно это предприятие несет серьезную угрозу Донецкой области, заявляя, что химзавод опасен для окружающей среды региона, его отходы могут спровоцировать техногенную аварию.

Вопросы по изучению ситуации и принятию мер относительно минимизации негативного влияния опасных отходов, скопившихся в результате деятельности Горловского химического завода, на окружающую среду и здоровье человека поднимались многократно.

В 2012 году был разработан проект по захоронению опасных отходов «Устройство подземных противодиффузионных бентонитоцементных завес вокруг «могильников» с токсичными отходами ДП «Горловский химический завод». Но вопрос его реализации до сих пор остается открытым.

НИИГД «Респиратор» принимал участие в расследовании данной аварии, а также в решении данной проблемы.

Благодаря накопленному опыту сотрудниками института в научно-исследовательских работах поднимались вопросы взаимодействия химически опасных веществ с горными породами и шахтными водами, проводились теоретические исследования процессов затекания в шахту с применением физического и математического моделирования, были определены коэффициенты массопереноса химически опасных веществ в горных выработках и многое другое. В институте проводились работы по определению потенциальных источников химического заражения для угольных шахт Донбасса с установлением конкретных предприятий различных отраслей промышленности и сельского хозяйства. Все промышленные предприятия, производящие или использующие токсичные химические вещества были классифицированы не только по профилю производства, но и по использованию или хранению определенных видов химических веществ и степени воздействия их на экологическую обстановку региона. Так были определены химически опасные предприятия, использующие в своем технологическом процессе неорганические и органические химические соединения.

Согласно исследованиям института, загрязняющие вещества в подземных водах несут техногенную и экологическую опасность не только городам Горловка, Енакиево, Артёмовскому району, а и значительной части Донецкого региона. Как следствие, в результате разрастания масштабов экологической катастрофы объективный уровень аварии может выйти на межгосударственный.

Поэтому для повышения уровня безопасности и предотвращения разрастания масштабов экологической катастрофы необходимо:

- выявить факторы, способствующие миграции токсических веществ вглубь горного массива,
- исследовать качественные и количественные характеристики путей миграции токсичных веществ и объемов заражения в прогнозно опасных зонах,
- изучить возможность поступления токсичных веществ с потоками подземных вод в объекты, имеющие гидравлическую связь,
- исследовать процессы сорбционной системы газ-вода-порода,
- определить динамику зараженности горного массива и подземных вод.

Состояние неизолированных могильников опасных отходов, которые являются источником загрязнения геологической среды токсичными органическими соединениями, и концентрация этих веществ в почвах и подземных водах могут спровоцировать техногенную катастрофу. Инфильтрация ядовитых продуктов химического производства по породам зоны выветривания, водоносным горизонтам и тектоническим нарушениям достигают шахтных полей, и в результате многолетнего насыщения горного массива через подработанную толщу пород проникают в горные выработки, а также вместе с шахтными водами перекачиваются в поверхностные водоемы. Эта проблема, вследствие разрастания масштабов экологической катастрофы, ведет к загрязнению экосистем других стран, что в результате выводит ее на международный уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дуброва, Н. А. Выявление путей миграции загрязняющих веществ в зонах ведения горных работ со сложной тектонической нарушенностью (на примере ЦРД) [Текст] / Н. А. Дуброва, Н. Н. Киселев // Научные труды УкрНИИМИ НАНУ. – Донецк, 2009. – № 5, ч. 2. – С. 358–370.
2. Истомина, А. Д. Математическое моделирование миграции радионуклидов в поверхностном слое грунта [Текст] / А. Д. Истомина, С. А. Кораблева, М. Д. Носков // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308, № 3. – С. 74–78.
3. Радиационно-экологическая обстановка в районе размещения Обнинского регионального хранилища радиоактивных отходов [Текст] / В. И. Вайзер, Г. В. Козьмин, А. Н. Васильева, А. В. Бахвалов // Радиация и риск. – 2012. – Т. 21, № 3. – С. 97–105.
4. Чумак, А. С. Загазирование шахт центрального района Донбасса продуктами химических производств [Текст] / А. С. Чумак, Б. А. Грядущий, А. Г. Недавний // Уголь Украины. – 1991. – № 1. – С. 31–33.

Получено 04.04.2016

М. А. БРЕЧАЛОВА
ПРОНИКНЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В ҐРУНТ І ҐРУНТОВІ
ВОДИ В ЦЕНТРАЛЬНОМУ РАЙОНІ ДОНБАСУ

Державний науково-дослідний інститут гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «РЕСПІРАТОР», м. Донецьк

Стаття присвячена проблемі зберігання небезпечних відходів виробництва, в результаті чого спостерігається міграція токсичних речовин в ґрунт, породи, поверхневі та підземні води, а також інші об'єкти навколишнього середовища. В ході роботи акцент поставлений на процес інфільтрації токсичних продуктів хімічного виробництва по породах зони вивітрювання, водоносними горизонтами і тектонічними порушеннями, що досягають шахтних полів, а також міграції небезпечних речовин разом з шахтними водами. Розглянута несприятлива екологічна ситуація з урахуванням особливості нашого регіону, який налічує велику кількість аварійно небезпечних підприємств, розташованих на підроблювальних територіях. Запропоновані можливі підходи до вивчення шляхів міграції хімічно небезпечних речовин для запобігання розростання масштабів екологічної катастрофи та підвищення рівня безпеки.

небезпечні відходи, міграція токсичних речовин, інфільтрація, гірничі виробки, техногенна аварія, екологічна катастрофа

MARINA BRECHALOVA
THE PENETRATION OF CONTAMINANTS IN SOIL AND GROUNDWATER IN THE
CENTRAL REGION OF DONBASS

State Scientific-Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection
«Respirator», Donetsk

The article is devoted to the storage of hazardous waste, with the result that there is a migration of toxic substances in soil, rock, surface water and groundwater, as well as other environmental objects. In the course of the emphasis placed on the process of infiltration of the toxic products of the chemical industry on the rocks of the weathering zone, aquifers and tectonic disturbances reaching the mine fields, as well as the migration of hazardous substances along with mine waters. We consider the prevailing unfavorable ecological situation, taking into account the peculiarities of our region, which has a large number of dangerously enterprises located on the undermined territories. The possible approaches to the study of migration routes of chemically hazardous substances, to prevent the proliferation of environmental disaster reduction and increased security.

hazardous waste, migration of toxic substances, infiltration, mine workings, technogenic accident, ecological catastrophe

Бречалова Марина Олександрівна – науковий співробітник науково-дослідного відділу техногенної безпеки Державного науково-дослідного інституту гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «Респіратор».

Бречалова Марина Александровна – научный сотрудник научно-исследовательского отдела техногенной безопасности Государственного научно-исследовательского института горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор».

Brechalova Marina – researcher at the Research Department of technogenic safety, State Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection «Respirator».

УДК 622.41: 622.822

О. П. ПАШКОВСКИЙ

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «РЕСПИРАТОР», г. Донецк

ПРОГНОЗ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ С ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Установлена зависимость количества выделяющихся вредных газов от температуры, которая представлена в табличном виде. Однако табличные данные не дают возможности использовать промежуточные значения и выйти за указанный диапазон температур. Вместе с тем анализ дискретных данных показывает, что для оксида углерода, диоксида серы и оксидов азота существует линейная зависимость выделяющихся газов от температуры. И лишь для сероводорода с высокой степенью точности можно использовать нормальный закон его распределения. В результате обработки табличных данных получены расчётные зависимости скорости выделения вредных веществ ($\text{мг/м}^2\cdot\text{с}$) от температуры. Таким образом, зная с помощью тепловизора температуру горения породного отвала, можно научно обоснованно прогнозировать скорости выделения вредных газов и их количество в атмосфере в промежутках между натурными наблюдениями.

породный отвал, очаг возгорания, тепловизор, диоксид серы, эпицентр, методика

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Горение породных отвалов отрицательно сказывается на экологии городов и посёлков. Несмотря на наличие методик по расчёту концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ [1] и наличие современных способов определения поля температур тепловизорами, требуется глубокое изучение протекающих на породных отвалах тепломассообменных процессов с целью аналитического прогноза выделений вредных веществ между натурными наблюдениями и разработки мероприятий по уменьшению выделения вредных веществ в атмосферу.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Непосредственные измерения количества выделяющихся вредных веществ при горении породных отвалов представляют собой трудоёмкую работу, которая при этом может быть выполнена один – два раза в год. Вместе с тем термогазовое состояние породных отвалов – динамический процесс, зависящий от многих внешних и внутренних факторов, таких как время года, атмосферные осадки, направление и сила ветра, неравномерное распределение горючих материалов в породном отвале, фракционный состав пород, перемещение зон горения по мере выгорания угля и т. д.

В соответствии с ранее разработанной методикой при проведении натурных наблюдений с тепловизора выявляются участки с избыточными температурами на поверхности склона породного отвала. Выполняется рисунок на ЭВМ и устанавливаются эпицентры горения на каждом опасном участке, измеряются площади горения и средняя температура на них. Опасные участки на местности оконтуриваются предупредительными знаками. Затем в обнаруженном тепловизором эпицентре очага горения измеряется температура как на поверхности пород, так и на глубинах 0,5; 1,5 и 2,5 м.

В зонах горения намечаются точки измерения газовой выделений из расчёта 1 точка на один эпицентр горения. Измерения концентрации окиси и двуокиси углерода, сернистого ангидрида, сероводорода и окислов азота выполняются на месте либо с помощью рамки, либо другим каким-то способом.

В качестве исходных данных для дальнейшего прогноза ожидаемых газовой выделений в различные времена года используются заранее известные параметры по данным, полученным в лабораторных условиях и данным натурных наблюдений.

Установлена зависимость количества выделяющихся вредных газов от температуры, которая представлена в табличном виде. Однако табличные данные не дают возможности использовать промежуточные значения и выйти за указанный диапазон температур. Вместе с тем анализ дискретных данных показывает, что для оксида кислорода, диоксида серы и оксидов азота существует линейная зависимость выделяющихся газов от температуры. И лишь для сероводорода с высокой степенью точности можно использовать нормальный закон его распределения. В результате обработки табличных данных получены следующие расчётные зависимости скорости выделяемых вредных веществ (мг/м²·с) от температуры

$$CO = 15,31 + 0,2148 \cdot \Delta T;$$

$$H_2S = 2,84 + 0,0546 \cdot \Delta T;$$

$$H_2S = 14,52 \cdot \exp[-6,7 \cdot 10^{-5} \cdot (\Delta T - 265)^2]$$

$$NO_x = 0,575 + 3,839 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta T,$$
(1)

где $\Delta T = T_1 - T_0$ – температура пород у поверхности породного отвала, °С.

Расчётные и табличные данные представлены на рис. 1–3 и практически совпадают друг с другом.

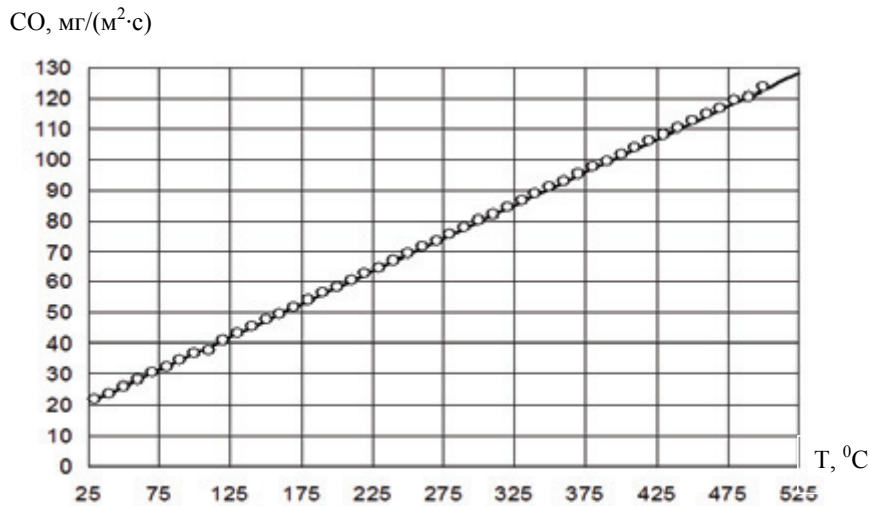


Рисунок 1 – Зависимость скорости выделения оксида углерода от температуры.

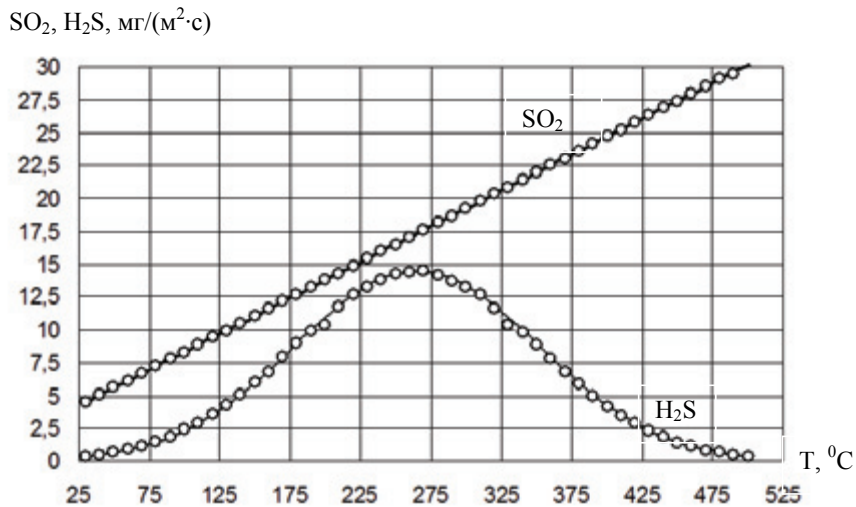


Рисунок 2 – Зависимость количества выделяемого диоксида серы и сероводорода от температуры.

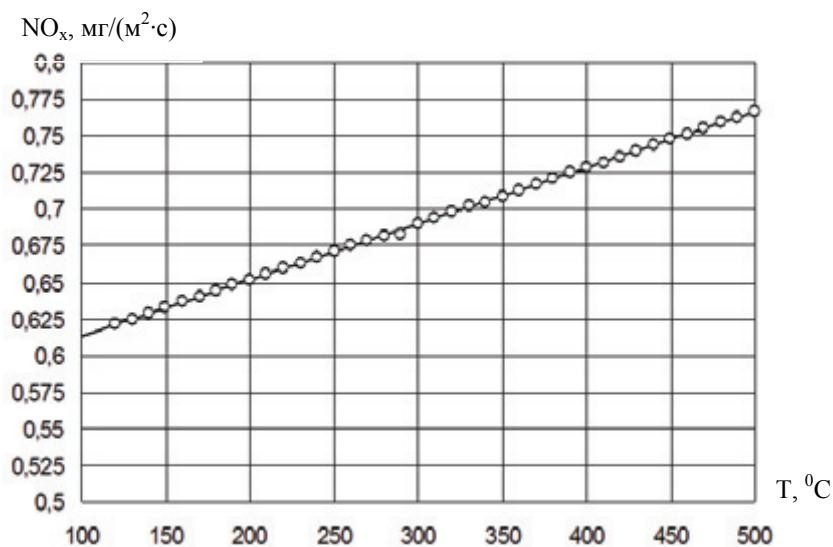


Рисунок 3 – Зависимость скорости выделения оксидов азота от температуры.

Таким образом, зная с помощью тепловизора температуру горения породного отвала можно научно обоснованно прогнозировать скорости выбросов и их количество в атмосферу в промежутках между натурными наблюдениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [Текст] / Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 93 с.
2. Зборщик, М. П. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений [Текст] / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. – Донецк: ДонГУ, 1996. – 178 с.
3. Зборщик, М. П. Предотвращение самовозгорания горных пород [Текст] / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. – К.: Техника, 1990. – 176 с.
4. Зборщик, М. П. Условия самонагрева пиритсодержащих осадочных горных пород [Текст] / М. П. Зборщик, В. В. Осокин, Ю. Н. Паниотов // Изв. вузов. Горный журнал. – 1990. – № 11. – С. 9–11.
5. Зборщик, М. П. Условия теплового взрыва в пиритсодержащих горных породах [Текст] / М. П. Зборщик, В. В. Осокин, Ю. Н. Паниотов // Разраб. месторождений полез. ископаемых: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1990. – Вып. 86. – С. 70–77.
6. Лыков, А. В. Тепломассообмен (Справочник) [Текст] / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1971. – 560 с.
7. Канторович, Б. В. Основы теории горения и газификации твёрдого топлива [Текст] / Б. В. Канторович. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1958. – 598 с.

Получено 05.04.2016

О. П. ПАШКОВСЬКИЙ

ПРОГНОЗ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН З ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ

Державний науково-дослідний інститут гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «РЕСПІРАТОР», м. Донецьк

Встановлена залежність кількості шкідливих газів, що виділяються від температури, яка подана в табличному вигляді. Однак табличні дані не дають можливості використовувати проміжні значення і вийти за вказаний діапазон температур. Разом з тим аналіз дискретних даних показує, що для оксиду вуглецю, діоксиду сірки і оксидів азоту існує лінійна залежність газів які виділяються від температури. І лише для сірководню з високим ступенем точності можна використовувати нормальний закон його розподілу. В результаті опрацювання табличних даних отримані розрахункові залежності швидкості виділення шкідливих речовин (мг/м²·с) від температури. Таким чином, знаючи за допомогою тепловизора температуру горіння породного відвалу, можна науково обґрунтовано прогнозувати

швидкості виділення шкідливих газів і їх кількість в атмосферу в проміжках між натурними спостереженнями.
породний відвал, осередок займання, тепловізор, діоксид сірки, епіцентр, методика.

**OLEG PASHKOVSKIY
PROGNOSIS OF OUTBURSTS OF HARMFUL SUBSTANCES FROM WASTE
DUMPS**

State Scientific-Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection
«Respirator», Donetsk

The dependence of the amount of harmful gases released from the temperature, which is presented in tabular form. However, the table data do not allow to use intermediate values and to go beyond the specified temperature range. However, analysis of the sampled data shows that there is a linear dependence on the temperature of gases evolved carbon monoxide, sulfur dioxide and nitrogen oxides. And only for hydrogen sulfide with a high degree of accuracy, you can use the normal law of its distribution. As a result of processing tabular data obtained according to the calculated rate of release of hazardous substances (mg / m² o s) of the temperature. Thus, knowing the thermal imager with the combustion temperature of the waste dump, we can scientifically predict the rate of release of harmful gases and their quantity in the atmosphere in between field observations.

waste dump, seat of fire, infrared imager, sulphur dioxide, epicenter, methods

Пашковський Олег Петрович – молодший науковий співробітник відділу боротьби з ендогенними пожежами в шахтах і на породних відвалах Державного науково-дослідного інституту гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «Респіратор». Наукові інтереси: розвиток загальної методики оцінки і моніторингу викидів шкідливих речовин з породних відвалів.

Пашковский Олег Петрович – младший научный сотрудник отдела борьбы с эндогенными пожарами в шахтах и на породных отвалах Государственного научно-исследовательского института горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор». Научные интересы: развитие общей методики оценки и мониторинга выбросов вредных веществ с горящих породных отвалов.

Pashkovskiy Oleg – junior researcher at the Department of struggle with endogenous fires in mines and waste dumps, State Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection «Respirator». Scientific interests: the development of a common methodology for assessing and monitoring emissions from burning waste dumps.

УДК 622.822.22:536.244:011.103

С. П. ГРЕКОВ, В. П. ОРЛИКОВА, К. В. ГЛУШЕНКО

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «РЕСПИРАТОР», г. Донецк

ПОЖАРООПАСНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Рассмотрен процесс самонагрева органических материалов растительного происхождения. Предложено использовать математическую модель гетерогенного окисления углей для разработки метода определения параметров пожароопасности органических материалов растительного происхождения. На основании результатов исследования пожароопасности и химической активности угля получено выражение для определения инкубационного периода теплового самовозгорания материалов для случая теплообмена с окружающей средой и минимального скопления растительного сырья, подверженного самовозгоранию. В качестве начальной температуры теплового самонагрева растительного сырья принята температура гибели микрофлоры, равная 343 К. Полученные зависимости рекомендуются для опытно-промышленного использования определения пожароопасности органических материалов растительного происхождения. Расчет показателей пожароопасности и времени самовозгорания органических материалов с учетом заданных условий их размещения обеспечит безопасное хранение материалов.

самовозгорание, органический материал, инкубационный период, показатель пожароопасности

ПРОБЛЕМА И ЕЕ СВЯЗЬ С ВАЖНЫМИ НАУЧНЫМИ И ПРАКТИЧЕСКИМИ ЗАДАЧАМИ

На каждом этапе развития человеческой цивилизации с учетом новейших научных достижений предпринимались попытки решить проблему самовозгорания органических материалов. Для растительного сырья в отличие от других органических материалов самонагревание связано с жизнедеятельностью микроорганизмов, которые находятся в нем. Выделение теплоты в определенной зоне растительной массы, превышающее отвод ее в окружающую среду, с течением времени может превратиться в очаг пожара [1]. Экспериментально показано, что температура в центре влажной массы растительного сырья может достигать 55...65 °С за 3–5 суток [2]. Считают, что максимальная температура, которую могут создать биологические системы, равна 75 °С, а для зерновых культур – (60...65) °С. По другим источникам, наблюдаемый температурный предел биологической активности микроорганизмов составляет (85...88) °С [3]. При такой температуре большинство микроорганизмов гибнет, и дальнейшее повышение температуры происходит уже по механизму теплового самонагрева, т. е. за счет химических реакций окисления вещества. Поэтому представляется интересным использовать результаты изучения теплового самонагрева углей, проводимые в НИИГД «Респиратор», и решение задачи самонагрева органического материала за счет химических реакций окисления его кислорода воздухом [4].

Цель настоящей работы – разработка метода определения пожароопасности органических веществ растительного происхождения на основе математической модели низкотемпературного окисления угля, позволяющего определять группу пожароопасности.

МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Окисление и самовозгорание материалов растительного происхождения в отличие от окисления углей заключается в том, что начало этому процессу дает первичное самонагревание материала за счет теплоты, выделяемой микроорганизмами, а вызванное повышение температуры способствует

ускорению экзотермической реакции, которая может закончиться возникновением горения в самой нагретой части объема.

При наличии в сырье живых компонентов растительной массы происходит накопление теплоты за счет их дыхания. При этом наблюдают процесс диссимилиации (разложения) сложных органических веществ до простых с освобождением аккумулированной в них энергии. Этот процесс состоит из дыхания, которое в растительной массе осуществляется с участием кислорода воздуха (аэробно) или может протекать без кислорода (анаэробно), и окисления до диоксида углерода (CO_2) и воды в присутствии кислорода и выделения большого количества теплоты.

Рост температуры, связанный с биологической активностью микрофлоры, определяется разностью между скоростью выделения теплоты и теплопотерями. Наблюдают две стадии жизнедеятельности микробиологических объектов, связанных с потреблением кислорода, выделением диоксида углерода и теплоты в массе растительного материала [3]. В условиях ограниченного теплоотвода и низкой теплопроводности материала выделяемая теплота приводит к повышению температуры, характерной для деятельности микроорганизмов. После гибели микрофлоры температура изменяется незначительно, в этот период наблюдают уменьшение влажности сырья и увеличение сорбционной способности. Дальнейшее поглощение кислорода приводит к увеличению скорости реакции окисления и температуры. Таким образом, за начальную температуру процесса окисления при тепловом самонагревании органического материала растительного происхождения следует принимать 70°C (343 K), т. е. температуру вымирания большинства микроорганизмов. Она наступает через 3...33 суток в зависимости от типа материала, его влажности и условий хранения.

Способность твердых органических материалов к тепловому самовозгоранию определяют кинетика процесса окисления, параметры, характеризующие структуру и теплофизические свойства вещества, а также условия теплообмена между продуктом и окружающей средой. Свойства вещества влияют на его склонность к самовозгоранию и предопределяют опасность развития процесса самовозгорания. Условия нахождения материала и теплообмена с окружающей средой определяют возможность возникновения пожара, т. е. его пожароопасность.

Одним из показателей пожароопасности является инкубационный период самовозгорания органического материала $t_{\text{инк}}$, расчет которого для случая теплообмена с окружающей средой и комплексного показателя t выполним по формуле [5]

$$t_{\text{инк}}|_{Bi \neq 0} = \frac{\ln \left[-\left(\frac{T_{\text{кр}}}{T_0} - 1 - \frac{1}{b} \right) b \right]}{b} \frac{\rho c_V T_0}{\xi C_{\text{O}_2} q k_{\text{кр}}},$$

$$\left[\frac{\quad}{\bar{t}} \right] \left[B \right]$$

где T_0 и $T_{\text{кр}}$ – начальная и критическая температуры материала, К;

b – критерий скорости нагревания органического материала, равный $b = \frac{3Bi}{\Gamma_T} - 1$;

B_i – критерий теплообмена Био, определяемый из выражения $Bi = \frac{\alpha R_{cp}}{\lambda}$;

α – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

λ – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

Γ_T – комплексный критерий генерации тепла скоплением органического материала толщиной R_{cp} , равный $\Gamma_T = \frac{1}{B} \frac{R_{cp}^2}{a}$;

R_{cp} – радиус скопления материала, м;

a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

ξ – доля реакционной поверхности, вступающей в реакцию окисления;

C_{O_2} – концентрация кислорода в материале, $\text{моль}/\text{м}^3$;

q – теплота реакции окисления, $\text{Дж}/\text{моль}$;

$k_{\text{кр}}$ – константа скорости окисления, с^{-1} ;

ρ – плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$;

c_V – теплоемкость материала при постоянном объеме, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

Полученные значения инкубационного периода характеризуют только стадию теплового самонагревания без учета времени возможного микробиологического процесса, которое в основном

зависит от влажности материала и размера скопления. Например, при лабораторном исследовании сена влажностью 42 % в адиабатическом калориметре повышение температуры до 75 °С, обусловленное развитием микрофлоры, фиксируют на четвертые сутки [6]. После гибели микроорганизмов инкубационный период самовозгорания сена составляет 0,3 суток.

Следует отметить, что влияние размера скопления на определение пожароопасных факторов для органического материала проявляется в большей степени, чем для угля. Поэтому предлагаемый метод расчета правомочен для заданных условий размещения материалов с учетом активного размножения микроорганизмов, приводящего к разогреванию материалов до 343 К.

ВЫВОДЫ

Таким образом, предложен метод определения инкубационного периода самовозгорания и универсальный комплексный показатель пожароопасности для органических материалов растительного происхождения. Полученные зависимости предназначены избежать возможного самовозгорания продукции и практически реализовать безопасные условия хранения материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Откідач, Д. М. Вибухобезпека зберігання та перероблення продукції сільськогосподарського виробництва. Теорія та практика [Текст] / Д. М. Откідач, В. М. Альбоцій. – Київ : УкрНДІПБ МНС України, 2006. – 288 с.
2. Дегтярев, Александр Геннадьевич. Научные основы обнаружения самовозгорания и горения растительного сырья [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.26.03 / Александр Геннадьевич Дегтярев ; «Спецавтоматика». – М., 1998. – 448 с.
3. Bower, P. C. Self-heating evaluating and controlling the hazards [Текст] / P. C. Bower. – London : Department of the Environment, Building Research Establishment, 1984. – 500 p. – ISBN 0-11-671364-X.
4. Пашковский, П. С. Эндогенные пожары в угольных шахтах [Текст] / П. С. Пашковский. – Донецк : Ноулидж, 2013. – 791 с.
5. Греков, С. П. Особенности теплоотдачи при очаговом самонагревании органических материалов [Текст] / С. П. Греков, В. П. Орликова // Уголь Украины. – 2015. – № 6. – С. 40–43.
6. Горшков, В. И. Самовозгорание веществ и материалов [Текст] / В. И. Горшков. – Москва : ВНИИПО, 2003. – 444 с.

Получено 06.04.2016

С. П. ГРЕКОВ, В. П. ОРЛИКОВА, К. В. ГЛУШЕНКО ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКА ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Державний науково-дослідний інститут гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «РЕСПІРАТОР», м. Донецьк

Розглянуто процес самонагрівання органічних матеріалів рослинного походження. Запропоновано використовувати математичну модель гетерогенного окиснення вугілля для розробки методу визначення параметрів пожежонебезпеки органічних матеріалів рослинного походження. На підставі результатів дослідження пожежонебезпеки та хімічної активності вугілля отримано вираз для визначення інкубаційного періоду теплового самозаймання матеріалів для випадку теплообміну з навколишнім середовищем і мінімального накопичення рослинної сировини, схильної до самозаймання. За початкову температуру теплового самонагрівання рослинної сировини прийнята температура загибелі мікрофлори, що дорівнює 343 К. Отримані залежності рекомендовано для дослідно-промислового використання визначення пожежонебезпеки органічних матеріалів рослинного походження. Розрахунок показника пожежонебезпеки і часу самозаймання органічних матеріалів з урахуванням заданих умов їх розміщення забезпечить безпечно зберігання матеріалів.
самозаймання, органічний матеріал, інкубаційний період, показник пожежонебезпеки

SVYATOSLAV GREKOV, VICTORIA ORLIKOVA, KRISTINA GLUSHENKO
FIRE HAZARD OF PHYTOGENOUS ORGANIC MATERIALS

State Scientific-Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection
«Respirator», Donetsk

The process of the spontaneous heating of the phytogenous organic materials is considered. It is proposed to use the mathematical model of the heterogeneous oxidation of coals to work out the method of determination of fire hazard parameters of the phytogenous organic materials. On the ground of results of investigation of the fire hazard and chemical activity of coal the expression was received to determine the incubation period of the thermal spontaneous ignition of the materials for the case of heat exchange with the environment and minimum accumulation of the vegetable feed liable to spontaneous combustion. As the initial temperature of the thermal spontaneous heating of the vegetable feed the temperature of the microflora destruction equal to 343 K is accepted. The dependences received are recommended for the experimental-industrial use of determination of the fire hazard of the phytogenous organic materials. The calculation of the fire hazard index and spontaneous ignition time of the organic materials subject to the conditions of their placement given will guarantee the safe storage of the materials.

spontaneous heating, organic material, incubation period, fire hazard index

Греков Святослав Павлович – начальник науково-дослідного відділу боротьби з ендегенними пожежами в шахтах і на породних відвалах Державного науково-дослідного інституту гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «Респіратор». Наукові інтереси: фахівець в області тепломасопереносу в гірських виробках і пористих середовищах.

Орликова Вікторія Петрівна – науковий співробітник відділу боротьби з ендегенними пожежами в шахтах і на породних відвалах Державного науково-дослідного інституту гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «Респіратор». Наукові інтереси: вивчення самозаймання вугілля і інших органічних матеріалів.

Глушенко Кристина – інженер 1 категорії відділу боротьби з ендегенними пожежами в шахтах і на породних відвалах Державного науково-дослідного інституту гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «Респіратор». Наукові інтереси: вивчення самозаймання органічних матеріалів.

Греков Святослав Павлович – начальник научно-исследовательского отдела борьбы с эндогенными пожарами в шахтах и на породных отвалах Государственного научно-исследовательского института горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор». Научные интересы: специалист в области тепло-массопереноса в горных выработках и пористых средах.

Орликова Виктория Петровна – научный сотрудник отдела борьбы с эндогенными пожарами в шахтах и на породных отвалах Государственного научно-исследовательского института горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор». Научные интересы: изучение самовозгорания угля и других органических материалов.

Глушенко Кристина – инженер 1 категории отдела борьбы с эндогенными пожарами в шахтах и на породных отвалах Государственного научно-исследовательского института горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор». Научные интересы: изучение самовозгорания органических материалов.

Grekov Svyatoslav – the Head of the Research Department of struggle with endogenous fires in mines and waste dumps of the State Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection «Respirator». Scientific interests: a specialist in the field of heat and mass transfer in mines, and porous media.

Orlikova Victoria – researcher at the Department of struggle with endogenous fires in mines and waste dumps of the State Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection «Respirator». Scientific interests: the study of spontaneous combustion of coal and other organic materials.

Glushenko Kristina – the 1st category Engineer Department of struggle with endogenous fires in mines and waste dumps of the State Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection «Respirator». Scientific interests: the study of spontaneous combustion of organic materials.

УДК 614.894.7

Р. С. ПЛЕТЕНЕЦКИЙ

Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «РЕСПИРАТОР», г. Донецк

САМОСПАСАТЕЛЬ ГРАЖДАНСКИЙ ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ

В статье приведены результаты разработки изолирующего самоспасателя, предназначенного для эвакуации гражданского населения из зданий в случае возникновения пожара.

средства защиты органов дыхания, самоспасатель, химически связанный кислород, пожар, эвакуация

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В статистике чрезвычайных ситуаций пожары занимают особое место, так как социально-экономические потери от них несопоставимо велики по сравнению с чрезвычайными ситуациями других видов. Главные и невозполнимые потери – человеческие жизни.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ

К опасным факторам пожара, т. е. факторам, воздействие которых приводит к травме, отравлению или гибели человека, а также к материальному ущербу, относятся (в скобках указаны предельные значения): температура окружающей среды (70 °С); интенсивность теплового излучения (1 400 Вт/м²); содержание оксида углерода (0,1 % об.); содержание диоксида углерода (6,0 % об.); содержание кислорода (менее 17 % об.) и др. [1].

Согласно статистике более 80 % смертей при пожарах являются результатом изменения газового состава воздуха [2].

В условиях пожаров при горении синтетических материалов образуется более 200 наименований токсичных газообразных продуктов (бензол, синильная кислота, фосген, хлористый водород, акролеин, хлор, окислы азота, оксид углерода и др.) в концентрациях, превышающих предельно допустимые в тысячи и более раз. Объемная доля оксида углерода может увеличиваться до 1,10...2,78 %, а по данным некоторых источников, до 5,6 %, диоксида углерода до 10 %, кислорода уменьшаться до 10–11 % (пожары на этажах и с густыми дымами) [3].

Следует отметить, что уже на ранней стадии пожара токсичные продукты горения способны вызвать удушье и потерю сознания, делая человека беспомощным.

Установлено, что при недостатке кислорода и наличии окислов углерода происходит увеличение легочной вентиляции, что, соответственно, приводит к большему поступлению в организм токсичных веществ, а также усиление их воздействия при повышении температуры, что характерно в условиях пожара. Следует учитывать также эффект аддитивного (суммирующего) действия токсических веществ при их совместном поступлении в организм.

Единственно возможным способом сохранения жизни и здоровья людей при пожарах является создание локальной искусственной газовой среды для нормального дыхания, оптимальных или допустимых условий микроклимата. Это может достигаться путём создания незадымляемых лестниц и помещений, применением коллективных и индивидуальных средств защиты органов дыхания.

Цель работы – разработка изолирующего самоспасателя, отвечающего современным требованиям.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

НИИГД «Респиратор» МЧС был разработан самоспасатель СГЭ (рис.), представляющий собой малогабаритный аппарат с химически связанным кислородом. Самоспасатель СГЭ разрабатывался с учетом требований Технического регламента и ГОСТ Р 53260: время защитного действия аппарата должно составлять не менее 15 мин, масса не более 2 кг, сопротивление дыханию не более 800 Па.



Рисунок – Самоспасатель СГЭ в рабочем состоянии.

К некоторым техническим характеристикам самоспасателя требования были ужесточены. Так, по требованию заказчика объемная доля кислорода во вдыхаемой газовой смеси должна быть не менее 21 % (об.) (согласно российского стандарта допускается снижение в течение первых двух минут до 17 %).

Также была конкретизирована температура поверхности корпуса самоспасателя: если в ГОСТе она определяется, что температура должна быть переносимой для пользователя, одетого в хлопчатобумажную одежду, в конструкторской документации было указано, что температура поверхности самоспасателя не должна превышать 50 °С.

В состав самоспасателя СГЭ входят: регенеративный патрон, пусковое устройство, воздухопроводная система с тепловлагодобменником, лицевая часть, включающая в себя полумаску с оголовьем и защитный капюшон.

В качестве лицевой части используется полумаска с капюшоном, которая обеспечивает хорошую обтюрацию и удобна в применении неподготовленными пользователями, капюшон обеспечивает защиту органов зрения от дыма, а также дополнительную обтюрацию. На затылочной части капюшона расположена светоотражающая пленка. Аппарат размещается в герметичном корпусе (футляре), снабженном быстровскрываемым замком.

Самоспасатель предназначен для эксплуатации при температуре окружающей среды от минус 10 °С до плюс 60 °С, относительной влажности до 100 % при температуре 35 °С.

В соответствии с разработанной конструкторской документацией была изготовлена опытная партия образцов самоспасателя СГЭ, которые успешно прошли предварительные и приемочные испытания.

Результаты испытаний самоспасателя СГЭ представлены в таблице.

Результаты испытаний самоспасателей СГЭ подтвердили, что разработанный малогабаритный изолирующий дыхательный аппарат с химически связанным кислородом соответствует современному техническому уровню и имеет комфортные условия дыхания. Самоспасатель обеспечивает защиту органов дыхания и зрения человека от воздействия непригодной для дыхания атмосферы, образующейся при возникновении пожаров в местах массового пребывания населения.

Таблица – Результаты испытаний СГЭ

№ п/п	Наименование параметра	Норма согласно ТЗ	Фактическое значение
1	Время защитного действия (ВЗД), мин, не менее:		
	– при легочной вентиляции 35 дм ³ /мин и температуре окружающей среды (25±2) °С	15	15 мин 20 с ... 21 мин 10 с
	– при легочной вентиляции 70 дм ³ /мин	4,5	5 мин 35 с ... 6 мин 30 с
2	Сопротивление дыханию самоспасателя при легочной вентиляции 35 дм ³ /мин, кПа, не более	0,8	0,44 ... 0,72
3	Температура вдыхаемой из самоспасателя газовоздушной смеси, °С, не более	50	44 ... 47 (на 15 мин)
4	Температура поверхности корпуса, °С, не более	50	30 ... 43
5	Масса самоспасателя в состоянии готовности к применению, кг, не более	2,0	1,67 ... 1,74

ВЫВОДЫ

НИИГД «Респиратор» МЧС разработан гражданский самоспасатель, отвечающий требованиям стандартов. Оснащение этим самоспасателем зданий с массовым пребыванием людей позволит повысить безопасность населения при пожарах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская энциклопедия по охране труда [Текст]. В 3 т. Т. 2 : Л–Р / Рук. проекта М. Ю. Зурабов; Отв. ред. А. Л. Сафонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : НЦ ЭНАС, 2007. – 408 с. – ISBN 978-5-93196-771-4.
2. Лянг, А. Применение самоспасателей при возникновении пожаров в зданиях [Текст] / А. Лянг // Сборник трудов 7-й международной специализированной выставки «Пожарная безопасность XXI века» и 6-й международной специализированной выставки «Охранная и пожарная автоматика» / М-во Рос. Федерации по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий, М-во внутрен. дел Рос. Федерации. – М. : Эксподизайн-Холдинг, ПожКнига, 2008. – С. 125–132.
3. Грачев, В. А. Газодымозащитная служба [Текст] : Учебник / В. А. Грачев, Д. В. Поплавский. – М. : Изд-во «Пожтехника», 2004. – 379 с.

Получено 06.04.2016

Р. С. ПЛЕТЕНЕЦЬКИЙ

САМОРЯТІВНИК ЦИВІЛЬНИЙ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ ПРИ ПОЖЕЖІ

Державний науково-дослідний інститут гірничорятувальної справи, пожежної безпеки та цивільного захисту «РЕСПІРАТОР», м. Донецьк

У статті розглянуто результати розробки ізолюючого саморятивника, призначеного для евакуації цивільного населення із будівель у разі виникнення пожежі

засоби захисту органів дихання, саморятивник, хімічно зв'язаний кисень, пожежа

RUSLAN PLETENETSKIY

CIVIL SELF-RESCUER FOR EVACUATION OF THE POPULATION BY THE FIRE

State Scientific-Research Institute of mine rescue work, fire safety and civil protection «Respirator», Donetsk

The results of development of the self-contained self-rescuer for evacuation of the civil people out of the buildings in the case of origin of the fire are considered.

breathing protection means, self-rescuer, chemical oxygen, fire, evacuation

Плетенецький Руслан Сергійович – начальник відділу засобів захисту дихання НДІГС «Респіратор». Наукові інтереси: розробка засобів захисту дихання, що відповідають сучасним вимогам.

Плетенецкий Руслан Сергеевич – начальник отдела средств защиты дыхания НИИГД «Респиратор». Научные интересы: разработка средств защиты дыхания, отвечающих современным требованиям.

Pletenetsky Ruslan – the Head of respiratory protective equipment NIIGD «Respirator». Scientific interests: the development of respiratory protective equipment that meet modern requirements.

ЗМІСТ

БУХАРЦЕВ В. М. Оцінка стійкості масивних споруд проти зсуву в площині підшви	5
ЗАЙЧЕНКО М. М., НАЗАРОВА А. В., МАРШДІ КОСАЙ САХІБ РАДІ Твердіння цементу з комплексною органо-мінеральною розширювальною добавкою	13
ТАЛАНТОВА К. В. Перспективи застосування сталевібробетону у конструкціях індивідуальних плавальних басейнів	22
ЄФРЕМОВ О. М., КІЩЕНКО Т. П. Методологічні основи підвищення термомеханічних властивостей вогнетривких в'язучих та бетонів на основі рідкого скла	27
НІКОЛЬСЬКИЙ С. Г., ПЕРЦЕВА О. М. Прискорений метод визначення морозостійкості пористих матеріалів	32
ЄФРЕМОВ О. М., ЛІЩЕНКО Г. М. Вплив тонкомелених добавок шамоту і глинозему на структурно-фазові зміни каменю глиноземистого цементу при твердінні і нагріванні	37
БРИЖАТИЙ О. Е., КРОТЮК В. І., ЛЕМЕШЕНКО Р. Ю. Методика експериментальних досліджень властивостей високоміцних бетонів класу В80 при циклічному нагріванні до 90 °С (150 °С) і зволоженні	42
ЄФРЕМОВ О. М., КОНЄВО Б. Залежність міцності дрібнозернистих пресованих шлакобетонів на основі рідкого скла від технологічних факторів	50
ГАРАНЖА І. М., ЗАЙЧЕНКО М. М., ТАНАСОГЛО А. В., ВОЙТОВА Ж. М., ГАРАНЖА С. В. Бетон, що самоущільнюється, як основа металокомпозитних конструкцій	55
ГУБАР В. М., ПЕТРИК І. Ю., ЖИБОЄДОВ О. В. Способи підвищення якості золи-винесення ТЕС, що застосовується у високоякісних бетонах	63
ЧУРСІН С. І., ЛОБЗАНОВ Є. А. Особливості крупного заповнювача з брухту важких бетонів	71
КОНОПАЦЬКИЙ Є. В., БУМАГА А. І. Деякі питання математичного моделювання фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів	76
БЄЛОВ Д. В. Застосування бетону, що самоущільнюється, при зведенні монолітних залізобетонних куполів	82
ЯКОВЕНКО К. А. Порівняльний аналіз багатоповерхових надземних і підземних паркувань	87
ЧУРСІН С. І., ПОЗДНЯКОВ О. В. Підвищення якості дрібного заповнювача, одержуваного з відсіву подрібненого бетону	93
НЕФЕДОВ В. В. Композиційний будівельний матеріал на основі полімерних і золошлакових відходів	99
ЛОБОДА К. С., ЛАХТАРІНА С. В. Вплив добавок на стиснену усадку високоякісних бетонів	104
МАРКІН В. В. Підвищення екологічної безпеки та ефективності роботи каналізаційних очисних споруд за допомогою пробіотичних засобів	109
ПЕТРАКОВ О. О., БРИЖАТА К. О., МАСЛО М. С. Напружено-деформований стан елементів каркасного будинку на плитному фундаменті при регулюванні вертикального положення у просторі	115
ГАРАНЖА І. М., ТАНАСОГЛО А. В., БАКАЄВ С. М., ЛОЗИНСЬКИЙ Е. О., ФОМЕНКО С. О. Застосування трубобетонних конструкцій в електромережевому будівництві	120
ЮГОВ А. М., ПАВЛОВА І. Г. Технологічний процес влаштування теплоізоляційного захисту резервуара 50.000 м ³	125
ПРАВУК Л. Р., МАШТАЛЕР С. М. Застосування програмного комплексу «ЛІРА» для визначення форм і частот власних коливань моделі залізобетонної димової труби Н = 250 М	129
ДМИТРЕНКО Є. А., ПОЧТАР Н. В. Основні типи дефектів і ушкоджень залізобетонних конструкцій транспортних споруд, причини їх виникнення	134

ДОМНІН В. Ю., ВЕСЕЛОВ О. В., ПІВОВАРОВА К. О. Обігрів приміщень з використанням нових стінових блоків	139
СКІНДІРЕВА Н. І., ПІЛПЕНКО А. С. Застосування продуктів дроблення бетонного брухту в будівництві	143
ФЕДОСИХІН В. С., НОЗДРІН Н. В., САЧКОВ В. С. Архітектура екологічного електростале-плавильного цеху Магнітогорського металургійного комбінату	146
СЕКО Є. В., УРУНОВ Т. Ш. Перспективи будівництва гірничо-металургійних підприємств в сучасних умовах	151
ГЛЕМХАНОВ Р. А., БРАЙЛЯ Н. В. Вдосконалення механізму проектного фінансування інвестиційно-будівельних проектів	155
УЛЬЯНОВ Р. С., ШИКОЛЕНКО І. А., ЗАВ'ЯЛОВ В. А. Перспективи застосування автоматизованих комплексів діагностики і оцінки параметрів освітлення	159
ПРОКОПЕНКО Л. В., ЛОГІНОВ М. С., ЦИГАНКОВ М. В., ШИРОКОВ Л. О., РОМАНЕНКО Є. М. Інтегрована система автоматичного управління теплового пункту	163
КОРОЄД П. С., ШИРОКОВ Л. О. Підвищення ефективності будівельно-монтажних робіт на базі впровадження роботизованих систем маніпулювання	168
КАПІНОС Н. Ю., ФЕДОРОВ Я. В., ШИРОКОВ Л. О. Автоматизація притикально-витікальної вентиляції торгового центру	172
ШИРОКОВ Л. О., ЄГОРОВА С. Д. Автоматизація процесу центрифугування з метою підвищення терміну експлуатації установки	175
ШИРОКОВ Л. О., ГУСАРОВА А. О. Автоматизація ректифікаційної колони	179
МАРКІН В. В. Інтенсифікація механічної та біологічної очистки стічних вод за допомогою пробіотичного засобу «Оксидол» при різних умовах введення	183
ЗАВОРОТНИЙ Д. В., ЖИБОЄДОВ О. В. Забезпечення циркуляції мулової суміші в аеротенках-відстійниках із завислим шаром	186
ПІВОВАРОВА К. О., ВЕСЕЛОВ О. В., ДОМНІН В. Ю. Використання нових дорожніх огорожень для безпеки руху на автошляхах	190
ПЛОТНІКОВ Д. О., БАШЕВА Т. С. Аналіз особливостей засобів вогнезахисту залізобетонних конструкцій	195
ДОБРЯКОВА О. І. Психологічні аспекти навчання людей діям в умовах пожежі	199
БРЕЧАЛОВА М. А. Проникнення забруднюючих речовин в ґрунт і ґрунтові води в центральному районі Донбасу	203
ПАШКОВСЬКИЙ О. П. Прогноз викидів шкідливих речовин з породних відвалів	207
ГРЕКОВ С. П., ОРЛИКОВА В. П., ГЛУШЕНКО К. В. Пожежонебезпека органічних матеріалів рослинного походження	211
ПЛЕТЕНЕЦЬКИЙ Р. С. Саморятівник цивільний для евакуації населення при пожежі	215

СОДЕРЖАНИЕ

БУХАРЦЕВ В. Н. Оценка устойчивости массивных сооружений против сдвига в плоскости подошвы	5
ЗАЙЧЕНКО Н. М., НАЗАРОВА А. В., МАРШДИ КОСАЙ САХИБ РАДИ Твердение цемента с комплексной органо-минеральной расширяющейся добавкой	13
ТАЛАНТОВА К. В. Перспективы применения сталефибробетона в конструкциях индивидуальных плавательных бассейнов	22
ЕФРЕМОВ А. Н., КИЦЕНКО Т. П. Методологические основы повышения термомеханических свойств огнеупорных вяжущих и бетонов на основе жидкого стекла	27
НИКОЛЬСКИЙ С. Г., ПЕРЦЕВА О. Н. Ускоренный метод определения морозостойкости пористых материалов	32
ЕФРЕМОВ А. Н., ЛИЩЕНКО А. Н. Влияние тонкомолотых добавок шамота и глинозема на структурно-фазовые изменения камня глиноземистого цемента при твердении и нагреве	37
БРЫЖАТЫЙ О. Э., КРОТЮК В. И., ЛЕМЕШЕНКО Р. Ю. Методика экспериментальных исследований свойств высокопрочных бетонов класса В80 при циклическом нагреве до 90 °С (150 °С) и увлажнении	42
ЕФРЕМОВ А. Н., КОНЕВ О. Б. Зависимость прочности мелкозернистых пресованных шлакобетонов на основе жидкого стекла от технологических факторов	50
ГАРАНЖА И. М., ЗАЙЧЕНКО Н. М., ТАНАСОГЛО А. В., ВОЙТОВА Ж. Н., ГАРАНЖА С. В. Самоуплотняющийся бетон как основа металлокомпозитных конструкций	55
ГУБАРЬ В. Н., ПЕТРИК И. Ю., ЖИБОЕДОВ А. В. Способы повышения качества золы-уноса ТЭС, применяемой в высококачественных бетонах	63
ЧУРСИН С. И., ЛОБЗАНОВ Е. А. Особенности крупного заполнителя из лома тяжелых бетонов	71
КОНОПАЦКИЙ Е. В., БУМАГА А. И. Некоторые вопросы математического моделирования физико-механических свойств строительных материалов	76
БЕЛОВ Д. В. Применение самоуплотняющегося бетона при возведении монолитных железобетонных куполов	82
ЯКОВЕНКО К. А. Сравнительный анализ многоэтажных надземных и подземных парковок	87
ЧУРСИН С. И., ПОЗДНЯКОВ А. В. Повышение качества мелкого заполнителя, получаемого из отсева дробленного бетона	93
НЕФЕДОВ В. В. Композиционный строительный материал на основе полимерных и золошлаковых отходов	99
ЛОБОДА Е. С., ЛАХТАРИНА С. В. Влияние добавок на стесненную усадку высококачественных бетонов	104
МАРКИН В. В. Повышение экологической безопасности и эффективности работы канализационных очистных сооружений с помощью пробиотических средств	109
ПЕТРАКОВ А. А., БРЫЖАТАЯ Е. О., МАСЛО Н. С. Напряженно-деформируемое состояние элементов каркасного здания на плитном фундаменте при регулировании вертикального положения в пространстве	115
ГАРАНЖА И. М., ТАНАСОГЛО А. В., БАКАЕВ С. Н., ЛОЗИНСКИЙ Э. А., ФОМЕНКО С. А. Применение трубобетонных конструкций в электросетевом строительстве	120
ЮГОВ А. М., ПАВЛОВА И. Г. Технологический процесс устройства теплоизоляционной защиты резервуара 50.000 м ³	125
ПРАВУК Л. Р., МАШТАЛЕР С. Н. Применение программного комплекса «ЛИРА» для определения форм и частот собственных колебаний модели железобетонной дымовой трубы Н = 250 м	129
ДМИТРЕНКО Е. А., ПОЧТАР Н. В. Основные типы дефектов и повреждений железобетонных конструкций транспортных сооружений, причины их возникновения	134

ДОМНИН В. Ю., ВЕСЕЛОВ А. В., ПИВОВАРОВА К. А. Обогрев помещений с использованием новых стеновых блоков	139
СКИНДИРЁВА Н. И., ПИЛИПЕНКО А. С. Применение продуктов дробления бетонного лома в строительстве	143
ФЕДОСИХИН В. С., НОЗДРИН Н. В., САЧКОВ В. С. Архитектура экологического электро-сталеплавильного цеха Магнитогорского металлургического комбината	146
СЕКО Е. В., УРУНОВ Т. Ш. Перспективы строительства горно-металлургических предприятий в современных условиях	151
ГИЛЕМХАНОВ Р. А., БРАЙЛА Н. В. Совершенствования механизма проектного финансирования инвестиционно-строительных проектов	155
УЛЬЯНОВ Р. С., ШИКОЛЕНКО И. А., ЗАВЬЯЛОВ В. А. Перспективы применения автоматизированных комплексов диагностики и оценки параметров освещения	159
ПРОКОПЕНКО Л. В., ЛОГИНОВ М. С., ЦЫГАНКОВ М. В., ШИРОКОВ Л. А., РОМАНЕНКО Е. Н. Интегрированная система автоматического управления теплового пункта	163
КОРОЕД П. С., ШИРОКОВ Л. А. Повышение эффективности строительно-монтажных работ на базе внедрения роботизированных систем манипулирования	168
КАПИНОС Н. Ю., ФЕДОРОВ Я. В., ШИРОКОВ Л. А. Автоматизация приточно-вытяжной вентиляции торгового центра	172
ШИРОКОВ Л. А., ЕГОРОВА С. Д. Автоматизация процесса центрифугирования с целью повышения срока эксплуатации установки	175
ШИРОКОВ Л. А., ГУСАРОВА А. А. Автоматизация ректификационной колонны	179
МАРКИН В. В. Интенсификация механической и биологической очистки сточных вод с помощью пробиотического средства «Оксидол» при различных условиях введения	183
ЗАВОРТНЫЙ Д. В., ЖИБОЕДОВ А. В. Обеспечение циркуляции иловой смеси в аэротенках-отстойниках со взвешенным слоем	186
ПИВОВАРОВА К. А., ВЕСЕЛОВ А. В., ДОМНИН В. Ю. Использование новых дорожных ограждений для безопасности движения на автодорогах	190
ПЛОТНИКОВ Д. А., БАШЕВАЯ Т. С. Анализ особенностей средств огнезащиты железобетонных конструкций	195
ДОБРЯКОВА Е. И. Психологические аспекты обучения людей действиям в условиях пожара	199
БРЕЧАЛОВА М. А. Проникновение загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды в центральном районе Донбасса	203
ПАШКОВСКИЙ О. П. Прогноз выбросов вредных веществ с породных отвалов	207
ГРЕКОВ С. П., ОРЛИКОВА В. П., ГЛУШЕНКО К. В. Пожароопасность органических материалов растительного происхождения	211
ПЛЕТЕНЕЦКИЙ Р. С. Самоспасатель гражданский для эвакуации населения при пожаре	215

CONTENTS

BUKHARTSEV VLADIMIR. Estimation of stability against shear massive structures in the plane of the sole	5
ZAICHENKO NICKOLAY, NAZAROVA ANTONINA, MARSHDI KOSAI SAHIB RADI. Hardening of cement with complex organic-mineral expanding admixture	13
TALANTOVA CLARA. Prospects of application of steel fiber concrete in the construction of individual swimming pools	22
YEFREMOV OLEXANDER, KITSENKO TATYANA. Methodological basis for the improvement of thermomechanical properties of refractory binders and concretes based on liquid glass	27
NIKOLSKIY SERGEY, PERTSEVA OLGA. A rapid method for determination of frost resistance of porous materials	32
YEFREMOV ALEXANDER, LISHCHENKO ANNA. The influence of additives of fine grained chamotte and alumina on the structural-phase modifications of aluminous cement during the processes of hardening and heating	37
BRIZHATY OLEG, KROTIUK VLADIMIR, LEMECHENKO RUSLAN. The methodology for experimental investigation of properties of the high-strength concrete of B80 class at the heat cycling to 90 deg. C (150 deg. C) and humidification	42
YEFREMOV ALEXANDER, KONEV OLEG. Dependence of durability of the fine-grained pressed cinder concrete on the basis of liquid glass from technology factors	50
GARANZHA IGOR, ZAICHENKO MYKOLA, TANASOGLO ANTON, VOITOVA ZHANNA, GARANZHA SOFIYA. Self compacting concrete as a base of steel-composite structures	55
GUBAR VICTOR, PETRIK IRINA, ZHIBOEDOV ALEXANDR. Ways to improve the quality of fly ash of thermal power plant, used for high performance concrete	63
CHURSIN SERGEY, LOBZANOV IEVGEN. Features of coarse aggregate of scrap heavy weight concrete	71
KONOPATSKIY EVGENIY, BUMAGA ALLA. Some questions of mathematical modeling of physical and mechanical properties of construction materials	76
BELOV DENIS. Application of self-compacting concrete at erection of monolithic reinforced-concrete domes	82
YAKOVENKO KONSTANTIN. Comparative analyses of multi – stored overland and underground parking lots	87
CHURSIN SERGEY, POZDNYAKOV ALEXANDR. Improving the quality of fine aggregate obtained from crushed concrete screening	93
NEFEDOV VLADISLAV. The composite building material made of polymer and ash wastes	99
LOBODA KATERYNA, LAKHTARYNA SERHII. Effect of admixtures on the restrained shrinkage of high-quality concrete	104
MARKIN VYACHESLAV. Improvement of environmental safety and efficient operation of sewage treatment plants using probiotic agents	109
PETRAKOV ALEXANDER, BRYZHATA EKATERINA, MASLO NIKOLAY. Strain-stress state of elements of the frame in the building on slab foundation in the process of regulation the vertical position in extension	115
GARANZHA IGOR, TANASOGLO ANTON, BAKAYEV SERGII, LOZINSKYI EDUARD, FOMENKO SERAFIM. Application of pipe-concrete structures in the power grid construction	120
YUGOV ANATOLY, PAVLOVA IRINA. The technological process of installation of heat insulation protection for 50,000 m ³ reservoir	125
PRAVUK LIUDMILA, MASHTALER SERGII. Application of «LIRA» software to determine the form and frequency of natural oscillations of computational of concrete chimney H = 250 M	129

DMITRENKO EVGENIY, POCHTAR NATALIA. The main types of defects or damages of concrete structures of transport facilities, and their causes	134
DOMNIN VITALIY, VESELOV ALEXANDER, PIVOVAROVA KSENIYA. Space heating with new building blocks	139
SKINDIRYOVA NATALIA, PILIPENKO ANTON. The usage of crushed concrete in construction	143
FEDOSIKHIN VLADIMIR, NOZDRIN N., SACHKOV V. Architecture environmental electric steelmaking shop at the Magnitogorsk metallurgical combine	146
SEKO EVGEN, URUNOV TIMUR. Prospects for the construction of mining and metallurgical enterprises in modern conditions	151
GILEMHANOV RUSTAM, BRAILA NATALYA. Improvement of mechanisms of project financing investment and construction projects	155
ULYANOV ROMAN, SHIKOLENKO ILYA, ZAVIALOV VLADIMIR. Prospects of application of automated complex for diagnosis and evaluation of parameters of lighting	159
PROKOPENKO LEONID, LOGINOV MAKSIM, TSYGANKOV MIXAIL, SCHIROKOV LEW, ROMANENKO EVGENY. Integrated system of automatic control substation	163
KOROED PAVEL, SHIROKOV LEW. Improving the efficiency of construction and installation works on the basis of the introduction of robotic manipulation systems	168
KAPINOS NIKITA, FEDOROV NIKITA, SHIROKOV LEW. Automation ventilation of shopping center	172
SHIROKOV LEW, EGOROVA SOFYA. Automation centrifugation process to improve the life of the plant	175
SHIROKOV LEW, GUSAROVA ALLA. Automation of the distillation column	179
MARKIN VYACHESLAV. Intensification of mechanical and biological wastewater treatment by using probiotic agents «Oxidol» under different conditions of introduction	183
ZAVOROTNYI DMITRIY, ZHIBOEDOV ALEXANDER. Providing Circulation of Sludge Mix in Aeropack with Balanced Layer	186
PIVOVAROVA KSENIA, VESELOV ALEXANDER, DOMNIN VITALIY. Ensuring safety on the roads with the use of guardrails	190
PLOTNIKOV DENIS, BASHEVAYA TATYANA. Analysis of features means of fire protection of concrete constructions	195
DOBRYAKOVA ELENA. Psychological aspects of teaching people act in the event of fire	199
BRECHALOVA MARINA. The penetration of contaminants in soil and groundwater in the central region of Donbass	203
PASHKOVSKIY OLEG. Prognosis of outbursts of harmful substances from waste dumps	207
GREKOV SVYATOSLAV, ORLIKOVA VICTORIA, GLUSHENKO KRISTINA. Fire hazard of phytogenous organic materials	211
PLETENETSKIY RUSLAN. Civil self-rescuer for evacuation of the population by the fire	215