

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
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 2013-6(104)**

**ТЕХНОЛОГІЯ, ОРГАНІЗАЦІЯ,  
МЕХАНІЗАЦІЯ ТА ГЕОДЕЗИЧНЕ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА**

Макіївка 2013

### **Засновник і видавець**

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 9643

видано 2 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 № 2 від 28.10.2013 р.

### **Редакційна колегія:**

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

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

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

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

Лобов М. І., д. т. н., професор;

Пенчук В. О., д. т. н., професор;

Левін В. М., д. т. н., професор;

Петраков О. О., д. т. н., професор;

Горожанкін С. А., д. т. н., професор;

Будиков Л. Я., д. т. н., професор;

Дворніков В. І., д. т. н., професор;

Висоцький С. П., д. т. н., професор;

Мішин А. В., д. т. н., професор;

Хмара Л. А., д. т. н., професор;

Черненко В. К., д. т. н., професор;

Медведев Є. М., д. т. н., професор.

Коректори Л. М. Лещенко, О. В. Гнездилова

Програмне забезпечення С. В. Гавенко

Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до друку 25.11.2013. Формат 60х84 1/8. Папір багатофункціональний офісний.

Друк різнографічний. Умов. друк. арк. 16,50. Тираж 300 прим. Заказ 199-13.

### **Адреса редакції і видавця**

Україна, 86123, Донецька область, 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.edu.ua](mailto:vestnik@donnasa.edu.ua),

[http://donnasa.edu.ua/ru/publishing\\_house/vestnik](http://donnasa.edu.ua/ru/publishing_house/vestnik)

Постановою Президії ВАК України від 27.05.2009 р. № 1-05/2 журнал внесено до переліку наукових фахових видань із технічних наук і архітектури

Надруковано у поліграфічному центрі ДонНАБА

86123, Донецька область, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

УДК 69.057:69.056.55

**Г. Н. ТОНКАЧЕЕВ**

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## **СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ**

Рассмотрена система функциональных модулей строительной оснастки, построенная по принципу совмещенной модели в виде матрицы «функция – элемент», позволяющей решать проблему формирования и создания новых комплектов строительной оснастки.

**система, модуль, модель, функция, формирование, комплект, оснастка**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В современных условиях для многих строительных предприятий и проектных фирм на первый план выдвигаются задачи разработки новых и совершенствования существующих средств оснастки. Сдерживающим фактором в повышении эффективности возведения сборных и сборно-монолитных зданий является хаотичный подход в принятии решений по формированию комплектов строительной оснастки. Процесс формирования перенасыщен беспорядочным потоком информации и характеризуется стихийным бессистемным выбором приспособлений.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Уровень использования оснастки в строительстве свидетельствует о том, что существует множество проблем, связанных с поиском, обработкой и отбором информации, которая накопилась за многие годы в этой области [1, 2].

В работе [3] приведены результаты проведенных работ по систематизации, отбору существующих и разработке новых видов строительной оснастки для монтажа сборных конструкций многоэтажных промышленных и гражданских зданий. Рекомендуются комплектовать оснастку по видам конструктивной системы возводимых зданий.

Известно предложение проектирования технологической оснастки комплектами (семействами), которые бы охватывали монтаж конструкций в требуемом диапазоне их размеров и масс, что напоминает процесс нормализации, то есть систематизацию информации и сведение ее в нормализованные таблицы [4]. Путь создания системы оснастки готовыми комплектами (семействами) схож с путем создания всеобъемлющей номенклатуры строительной оснастки и также приводит к хаосу.

### **ЦЕЛЬ**

Создание системы формирования и выбора комплектов строительной оснастки.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Для решения основной проблемы из множества различных структур конструкций приспособлений формируется общая структура функциональных модулей в виде системы и подсистем. В результате были выявлены и отобраны наиболее значимые для построения модульной системы функции оснастки в виде двухуровневой структуры. Для расширения системы рассматриваются элементы второго уровня, которые раскладываются по технологическим признакам до третьего уровня и считаются для внешних функций как неделимые функции.

На основе общей функциональной структуры строительной оснастки, а также на основе анализа состава элементов конструктивно-технологических решений приспособлений построена совмещенная модель в виде матрицы «функция – элемент» для определения возможности выделения функциональных модулей по принципу создания конструктивных функциональных структур технических объектов по методике [5].

Для выполнения отдельных операций технологического процесса существует определенный тип функционального модуля, который может быть представлен в виде абстрактной модели из элементов и функций.

Каждая из подгрупп главных функций приспособлений может быть разделена на функции в зависимости от структуры процесса, этапов и зон выполнения операций. Например, для функции  $f_{1.1}$  – «ограничивать конструкцию» будет справедливо следующее множество.

$$f_{1.1} = \{f_{1.1.1}, f_{1.1.2}\}, \quad (1)$$

где  $f_{1.1.1}, f_{1.1.2}$  – соответственно функции «ограничивать конструкцию» при наведении в зоне посадки и при посадке в зоне опор (функции оснастки относятся к первой группе первой подгруппе функций).

Подобно подгруппе функции «ограничивать конструкцию» другие подгруппы функции  $f_{1.2}, f_{1.3}, f_{1.4}$  группы  $F_1$  также могут быть представлены в виде соответствующих множеств (табл.).

**Таблица** – Структура функций группы  $F_1$  и функциональных модулей  $M_{zj}$

Функции				Модули $M_{ij}$	
$F$	Подгруппы	Индекс и содержание функции		Инд.	Наименование
$F_1$	$f_{1.1}$ – ограничивать конструкцию	$f_{1.1.1}$	при подаче и наведении конструкций в зону посадки	$M_{1.1}$	Модули ограничители
		$f_{1.1.2}$	при посадке конструкций в зону опор	$M_{1.2}$	
	$f_{1.2}$ – фиксировать конструкцию	$f_{1.2.1}$	с последующей выверкой конструкций	$M_{1.3}$	Модули фиксаторы
		$f_{1.2.2}$	без выверки конструкций	$M_{1.4}$	
	$f_{1.3}$ – перемещать конструкцию	$f_{1.3.1}$	на подвесе при наведении и посадке	$M_{1.5}$	Модули манипуляторы
		$f_{1.3.2}$	на опорах при посадке и закреплении	$M_{1.6}$	
	$f_{1.4}$ – удерживать конструкцию	$f_{1.4.1}$	на подвесе при подаче, наведении и посадке	$M_{1.7}$	Модули держатели
		$f_{1.4.2}$	на опорах при выверке и фиксации	$M_{1.8}$	
		$f_{1.4.3}$	при усилении конструкций	$M_{1.9}$	

Подгруппа функций  $f_{1.1}$  – «ограничивать конструкцию».

Рассматривая первую подгруппу функций  $f_{1.1}$ , следует отметить, что эта операция связана с использованием основного монтажного оборудования системы подъемно-транспортных машин – строительных грузоподъемных кранов, подъемников, домкратов, лебедок, мачт, тележек и специальных установщиков.

Для принудительных способов монтажа предусматривается перемещение конструкций по горизонтальным, наклонным и вертикальным направляющим, и чаще всего перемещения выполняются с использованием технологической оснастки, которая ограничивает свободу перемещений монтируемых конструкций в одной или нескольких плоскостях пространства.

При возведении сборных и сборно-монолитных зданий и сооружений наиболее часто используются методы перемещения конструкций и ТО монтажными кранами с гибкой подвеской монтируемых конструкций на канатах полиспастов лебедок кранов.

Существует возможность роботизации процесса монтажа строительных конструкций с использованием свободного их перемещения кранами с наложением ограничений на конечной стадии перемещения конструкций на опоры. То есть конструкции перемещаются в зону монтажа (зона наведения – 1...3 м от опор) грузоподъемными кранами на гибкой подвеске свободно и в дальнейшем включается в работу специальные приспособления, которые доводят конструкцию до проектного положения.

Первая часть монтажного процесса – это свободное или ограниченное перемещение конструкций в зону установки, которую иногда характеризуют как подача и наведение конструкций в зону посадки.



Вторая часть процесса – это перемещение конструкций в зоне посадки на опоры, в заданное положение с наложением или без наложения ограничений, характеризуемая как посадка монтируемой конструкции на опоры. Соответственно для этих частей процесса выделяется два типа модулей ограничителей.

Первый тип модулей  $M_{1.1}$  предназначен для реализации функции  $f_{1.1.1}$  – «ограничение перемещения конструкций при подаче в зону наведения и при наведении объекта в зону посадки». Этот тип модулей ограничителей не обеспечивает проектное положение монтируемой конструкции и предназначен для ограничения перемещений конструкций в пространстве с достаточно большими допусками относительно посадочных габаритов конструкций, то есть ограничивает грубо.

Второй тип модулей  $M_{1.2}$  предназначен для реализации функции  $f_{1.1.2}$  – «ограничение перемещения конструкций при посадке в зону опор». Этот тип модулей ограничителей обеспечивает близкое или точное проектное положение монтируемой конструкции и предназначен для ограничения перемещений конструкций в пространстве с достаточно малыми допусками относительно посадочных габаритов конструкций, то есть ограничивает точно.

Подгруппа функций  $f_{1.2}$  – «фиксировать конструкцию».

Процесс установки монтируемых конструкций завершается выполнением функции «фиксировать конструкцию» – действиями по закреплению монтируемой конструкции на опорных поверхностях ранее установленных конструкций или на опорах технологической оснастки. Назначение фиксации – исключение возможности смещения монтируемых конструкций или оснастки при выполнении последующих операций процесса.

На этой стадии процесса возможно предварительное грубое или точное ограничение положения конструкций при посадке. Характер ограничения при фиксации отличается от предыдущих действий, поскольку отсутствуют перемещения, а ограничивается выход осей и граней конструкций за поля допусков, то есть средства оснастки обеспечивают точность позиционирования (базирования) конструкций относительно опорных баз. В этом случае фиксаторы можно рассматривать как базовые поверхности приспособлений с замками и зажимами.

Для различных способов монтажа строительных конструкций или установки приспособлений, выполняющей функцию «фиксировать объект», структура модулей  $M_{1j}$  изменяется в зависимости от того, в какой последовательности в процессе монтажа конструкций выполняются выверка (манипуляция) и закрепление монтируемых конструкций на опорах.

Первый тип модулей включает фиксаторы  $M_{1.3}$ , предназначенные для реализации функции  $f_{1.2.1}$  – «фиксировать конструкцию с последующей выверкой». Такие модули используются, когда допускают возможность изменения положения смонтированных объектов после фиксации или выверка смонтированных конструкций уже выполнена, или в ней нет необходимости, то есть модули, регулирующие положение конструкций, выполнили свои функции, после чего выполнена функция фиксации. Модули допускают малые перемещения конструкций, обеспечивая их доводку до совмещения осей и поверхностей при сборке и соединении. Эти модули, как правило, объединены в одной сборке с модулями манипуляторами, но по правилам построения систем выделены в отдельный тип.

Второй тип модулей оснастки включает фиксаторы  $M_{1.4}$ , предназначенные для реализации функции  $f_{1.2.2}$  – «фиксировать конструкцию без выверки», то есть модули предусматривают предварительное их позиционирование на опорах с учетом проектных осей конструкций и опор. После установки на них или прижима к ним монтируемые конструкции автоматически принимают проектное положение в пространстве здания. Такие приспособления в строительстве известны как приспособления для безвыверочных методов монтажа и методов самофиксации конструкций [4].

Подгруппа функций  $f_{1.3}$  – «перемещать конструкцию».

Модули оснастки, выполняющие функцию «перемещать конструкцию»  $M_{1j}$ , классифицируются в зависимости от того, в какой зоне и на какой стадии процесса реализуется эта функция.

Первый тип модулей  $M_{1.5}$  включает манипуляторы конструкций, предназначенные для реализации функции  $f_{1.3.1}$  – «перемещать конструкцию на подвесе крана при наведении и посадке», то есть модули выполняют изменение положения монтируемых конструкций или оснастки в пространстве при подаче в зону наведения, при наведении и посадке. Модули для крановых методов монтажа выполняют действия по манипуляции монтируемой конструкции на подвесе крана.

Второй тип модулей  $M_{1.6}$  включает манипуляторы конструкций, предназначенные для реализации функции  $f_{1.3.2}$  – «перемещать конструкцию на опорах при посадке и закреплении», то есть модули обеспечивают изменение положения монтируемых конструкций в пространстве на опорах при посадке и закреплении. При этом могут накладываться ограничения или предусматривается свободное перемещение в зоне наведения без наложения ограничений. Модули манипуляторы выполняют

малые перемещения монтируемых конструкций на опорах, характерных для выполнения операции «посадка» и «выверка» монтируемых конструкций.

Подгруппа функций  $f_{1.4}$  – «удерживать конструкцию».

Модули, выполняющие функцию «удерживать конструкцию»  $M_{1.7}$ , обеспечивают устойчивое положение монтируемых конструкций и их элементов в пространстве в момент подачи, перемещения, при установке и закреплении на опорах. Чаще всего эти модули исполняют роль базового элемента при образовании различных компоновок функциональных модулей.

Модули держатели первого типа  $M_{1.7}$  предназначены для выполнения функции  $f_{1.4.1}$  – «удерживать конструкцию на подвесе крана при подаче, наведении и посадке». К ним относятся элементы грузозахватных приспособлений, предназначенных для удерживания перемещаемых в пространстве конструкций в устойчивом положении близком к опорному проектному положению при подаче, наведении и посадке.

Модули держатели второго типа  $M_{1.8}$  предназначены для выполнения функции  $f_{1.4.2}$  – «удерживать конструкцию на опорах при выверке и фиксации». К ним относятся элементы приспособлений для временного закрепления или удерживания монтируемых конструкций или оснастки на опорах в момент манипулирования до момента устройства постоянных проектных соединений с опорами, а также при транспортировании конструкций различными видами транспорта, при складировании и укрупнительной сборке.

Для обеспечения жесткости и прочности строительных конструкций и частей зданий и сооружений, которые не удовлетворяют соответствующим требованиям устойчивости в процессе монтажа, используются модули третьего типа  $M_{1.9}$ , предназначенные для выполнения функции  $f_{1.4.3}$  – «удерживать и усиливать конструкцию».

## ВЫВОДЫ

Выполненные исследования структуры функций взаимодействия оснастки с монтируемой конструкцией, с людьми, оснастки с оснасткой, а также исследования строительной оснастки позволили выделить из структуры конструктивно-технологических решений приспособлений узлы, отвечающие за выполнение главных функций технологического процесса, и определить перечень возможных функциональных модулей. В результате создана система функциональных модулей, которые позволяют решить проблему формированию комплектов строительной оснастки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боксер, И. Б. Пути совершенствования проектирования монтажной оснастки [Текст] / И. Б. Боксер // Промышленное строительство и инженерные сооружения. – К. : Будивельник, 1988. – № 1 (148). – С. 25–26.
2. Сухачев, В. П. Средства малой механизации для производства строительного-монтажных работ [Текст] / В. П. Сухачев, Р. А. Каграманов. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Стройиздат, 1989. – 384 с. : ил. – (Справочник строителя).
3. Каграманов, Р. А. Технологическая оснастка для монтажа многоэтажных промышленных и гражданских зданий [Текст] / Р. А. Каграманов, В. И. Привин. – М. : ВНИИИС Госстроя СССР, 1983. – 49 с.
4. Привин, В. И. Разработка комплексных технологий возведения многоэтажных каркасных зданий [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / Привин В. И. – М., 2000. – 166 с.
5. Половинкин, А. И. Основы инженерного творчества [Текст] : учебн. пособ. для студ. вузов / А. И. Половинкин. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.

Получено 14.10.2013

Г. М. ТОНКАЧЕВ

СИСТЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДУЛІВ БУДІВЕЛЬНОЇ ОСНАСТКИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Розглянуто систему функціональних модулів будівельної оснастки, побудовану за принципом суміщеної моделі у вигляді матриці «функція – елемент», що дозволяє вирішувати проблему формування і створення нових комплектів будівельної оснастки.

**система, модуль, модель, функція, формування, комплект, оснастка**

GENNADY TONKACHEEV  
THE SYSTEM FUNCTIONAL MODULES TOOLS CONSTRUCTION  
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

The system of functional modules snap construction, built on a combined model in a matrix «function – element» that can solve the problem of the formation and development of new sets of construction equipment.  
**system, module, model, function, development, kit, tools**

**Тонкачев Геннадій Миколайович** – професор кафедри технології будівельного виробництва Київського національного університету будівництва і архітектури, член-кореспондент Академії будівництва України. Наукові інтереси: створення та впровадження функціонально-модульної системи формування комплектів будівельної оснастки. Розробка ефективних технологій зведення каркасних збірних і збірно-монолітних будівель та споруд, створення системи пристроїв і способів для їх здійснення.

**Тонкачев Геннадий Николаевич** – профессор кафедры технологии строительного производства Киевского национального университета строительства и архитектуры, член-корреспондент Академии строительства Украины. Научные интересы: создание и внедрение функционально-модульной системы формирования комплектов строительной оснастки. Разработка эффективных технологий возведения каркасных сборных и сборно-монолитных зданий и сооружений, создание системы устройств и способов для их возведения.

**Tonkacheiev Gennady** – Professor, Department of Construction Technologies, Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, corresponding member of the Ukrainian Academy of Construction. Scientific interests: the creation and implementation of functional modular system of forming sets of construction equipment. Development of efficient construction technologies of prefabricated timber frame and prefabricated monolithic buildings and structures, creating a system of devices and methods for their construction.

УДК 69.056.55

**А. В. ИХНО, В. И. МОСКАЛЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**НАТУРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ ЗАВОДА  
ООО «СТРОЙСТЕКЛО-ТРЕЙДИНГ» В Г. КОНСТАНТИНОВКА ПОСЛЕ  
4-Х ЛЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Данное обследование проводилось с целью получения данных о наличии повреждений конструкций печи в ходе эксплуатации; изменения конструктивных элементов в ходе эксплуатации при изменении технологического процесса в случае, если таковые имели место; определения постоянных, устоявшихся температур в агрегате печи и на конструкции ее металлической обвязки; изучения динамических нагрузок в агрегате печи.

**стекловаренная печь, дно печи, свод печи, каркас, огнеупор****ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В ходе данного обследования были зафиксированы изменения температур в сечениях. Измерение температуры на металле колонн каркаса велось при помощи инфракрасного термометра с лазерным указателем Metermen IR608, действующего в диапазоне температур от  $-18$  до  $400$  °С, погрешность составляет  $2$  °С. Снятие показаний производилось на расстоянии  $20$  см от поверхности исследуемой плоскости под прямым углом, что сокращает погрешность при измерениях.

На основании данных из таблицы 1 можно сделать выводы об изменении температур на поверхности колонны обвязки печи, предположив, что:

- уменьшение температуры в сечении «А» связано с дополнительным утеплением свода легковесным кирпичом, применяемым в диапазоне температур от  $900$  до  $1\ 300$  °С, кажущейся плотностью от  $0,4$  до  $1,4$  г/см<sup>3</sup>, средней теплопроводностью  $0,25$  Вт/м·К с дополнительной линейной усадкой при выдержке  $2$  часа, не более  $1,0$ – $2,0$  %. Температура наружного контура свода печи на данный момент составила  $135$  °С, что почти в  $2$  раза меньше температуры в  $2009$  г. Наличие дополнительной изоляции на своде можно проследить по данным фото в табл. 2. На них наглядно показано превышение кладки над уровнем комбинированной балки;

- повышение температуры в сечении «В» вызвано изменением температурного режима в самом агрегате стекловаренной печи. Если при введении печи в эксплуатацию максимальная температура составляла  $+1\ 480$  °С, то на момент данного обследования составляет  $+1\ 548,0$  °С. Данные температурного режима в печи считывались с мнемосхем, выведенных на экран монитора при помощи лицензионного программного комплекса Siemens PCS 7, (полное название: SIEMENS SIMATIC Process Control System 7). Представляет собой набор программ для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами, полностью отвечающих требованиям концепции «полностью интегрированная автоматизация». Рассмотрение мнемосхем будет предоставлено и рассмотрено ниже;

- сечение «С» находится под конструкцией, поддерживающей стены газопламенного пространства печи, контролируемая точка Т6, в свою очередь, расположена со стороны стены бассейна, где происходит варка стекла. Понижение температур в сечении «С», в точке Т6 на  $57,45$  °С объясняется несколькими факторами. Дело в том, что на момент вывода печи в рабочее состояние были установлены не все элементы системы воздушного охлаждения стены варочного бассейна, это можно увидеть на рис. 1. Помимо отсутствия элементов охлаждения, непосредственно вблизи исследуемой колонны, имело место наличие зазора между лафетом и стеной варочного бассейна практически по всему периметру печи (рис. 2).

© А. В. Ихно, В. И. Москаленко, 2013

Таблица 1 – Изменение температур по сечениям колонны

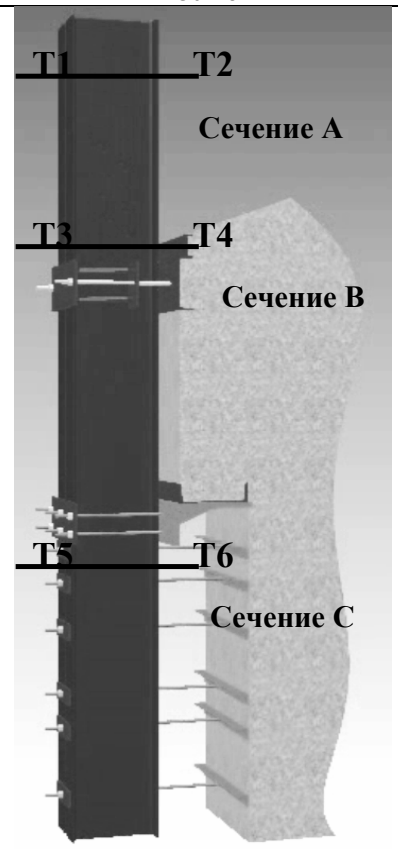

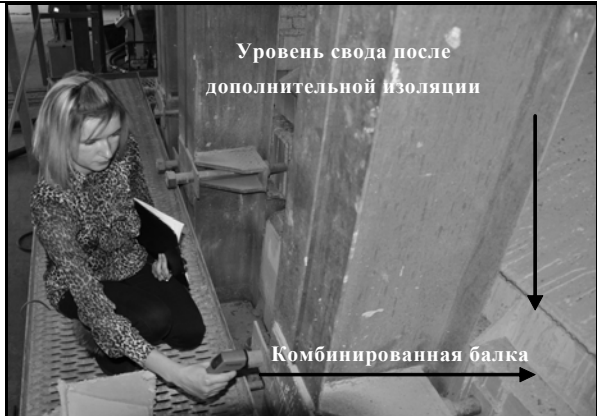


Год	Эскиз	Сечение А	Сечение В	Сечение С
Сентябрь 2009		$82,2^{\circ}\text{C}$ <b>T2</b>	$72,05^{\circ}\text{C}$ <b>T4</b>	$139,45^{\circ}\text{C}$ <b>T6</b>
		<b>T1</b> $66,5^{\circ}\text{C}$	<b>T3</b> $52,15^{\circ}\text{C}$	<b>T5</b> $77,8^{\circ}\text{C}$
Октябрь 2013		$77^{\circ}\text{C}$ <b>T2</b> $73^{\circ}\text{C}$	$85^{\circ}\text{C}$ <b>T4</b> $80^{\circ}\text{C}$	$82^{\circ}\text{C}$ <b>T6</b>
		<b>T1</b> $65^{\circ}\text{C}$	<b>T3</b> $69^{\circ}\text{C}$	<b>T5</b> $67^{\circ}\text{C}$
$\Delta t$		$-5,2^{\circ}\text{C}$ <b>T2</b>	$12,95^{\circ}\text{C}$ <b>T4</b>	$-57,45^{\circ}\text{C}$ <b>T6</b>
		<b>T1</b> $-1,5^{\circ}\text{C}$	<b>T3</b> $16,85^{\circ}\text{C}$	<b>T5</b> $-10,8^{\circ}\text{C}$

Таблица 2 – Изменение конструкции свода стекловаренной печи

Состояние свода в 2009 г.	Состояние свода в 2013 г.
 <p>Комбинированная балка</p> <p>Первоначальный уровень кладки свода</p> <p>Кладка свода</p>	 <p>Уровень свода после дополнительной изоляции</p> <p>Комбинированная балка</p>
 <p>Комбинированные балки</p> <p>Вид сверху</p>	 <p>Комбинированная балка свода</p>



**Рисунок 1** – Отсутствие элементов охлаждения.



**Рисунок 2** – Наличие зазора в кладке печи.

На данный момент времени стены варочного и газопламенного пространства изолированы дополнительным слоем жесткого огнеупорного высокотемпературного плитного утеплителя толщиной 2,5 см. Его плотность составляет  $300 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент теплопроводности варьируется от 0,10 до 0,21 Вт/м·К в зависимости от температуры применения.

Зазоры кладки зачеканены огнеупорным составом. Изменения в футеровке печи можно увидеть на рис. 3 и 4.



**Рисунок 3** – Изоляция стен варочного бассейна в 2009 г.



**Рисунок 4** – Изоляция стен варочного бассейна в 2013 г.

Проделанные мероприятия значительно повлияли на снижение температуры поверхности колонн каркаса обвязки печи.

Для изучения интересующих вопросов, касающихся происходящих процессов в агрегате печи, которые могли бы даже косвенным образом повлиять на изменение НДС колонны обвязки во времени, были отслежены показания в периоды попеременного режима работы регенераторов.

Наличие двух вариаций позволило сравнить изменения численных параметров технологического процесса. На рис. 5 отображена работа печи в период подачи пламени слева, изменение подачи пламени происходит каждые 20 мин.

На основании данных мнемосхем можно проследить разницу температур газопламенного пространства и температуры в варочном бассейне, отследить разницу температур в зависимости от направления пламени и по длине печи (рис. 6, 7).

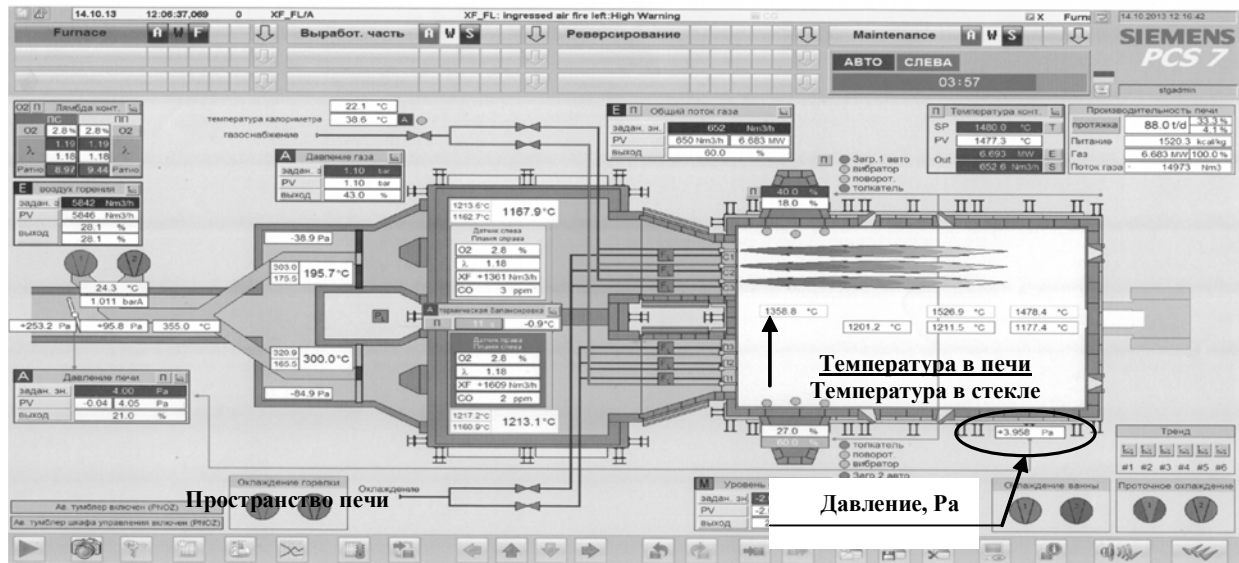


Рисунок 5 – Мнемосхема работы печи в период подачи пламени слева.

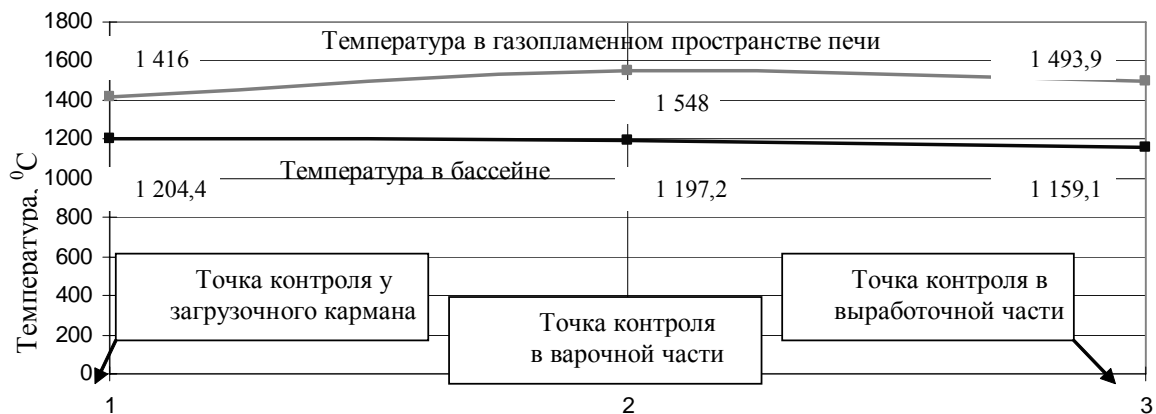


Рисунок 6 – График распространения температур в печи при подаче пламени справа.



Рисунок 7 – График распространения температур в печи при подаче пламени слева.

Разница температур в газопламенном пространстве и в бассейне печи при различных положениях подачи пламени не значительна и не будет оказывать влияние на колонны каркаса обвязки, его можно пренебречь при дальнейших расчетах. Температура в газопламенном пространстве печи превышает температуру в самом бассейне печи, максимально в варочной части – на 350 °C и в выработочной – на 330 °C, у загрузочного кармана разница составляет около 200 °C (рис. 6, 7). Полученные







## ВЫВОДЫ

Очень сложно проследить концепцию изменения каких-либо параметров при работе агрегата стекловаренной печи с отрывом от технологического процесса, протекающего в ней, и комплекса мероприятий по ее обслуживанию для создания условий правильного функционирования. Аналитическим путем на основании инструментально-визуального контроля автоматизированной системы управления технологическими процессами и систематизацией данных можно найти рациональное объяснение меняющимся параметрам.

Найдено объяснение изменениям температур колонны по сечениям:

- уменьшение температуры в сечении «А» связано с дополнительным утеплением свода;
- повышение температуры в сечении «В» вызвано изменением температурного режима в самом агрегате стекловаренной печи, по средствам теплопроводности;
- на снижение температуры в сечении «С» повлияла наладка системы воздушного охлаждения стены варочного бассейна, дополнительная изоляция стен и устранение зазоров и уплотнение швов кладки, также повлиял фактор наличия стекломассы в бассейне печи, т. к. в период ранних исследований 2009 года он отсутствовал, в связи с технологией выводки печи «на сухо». Можно предположить, что вся температура в пространстве печи отдавалась стенам и своду из-за отсутствия стекломассы в бассейне. На основании этого можно сделать вывод о распространении температуры по высоте печи, средняя разница температур в газопламенном пространстве и в бассейне печи разнится в среднем на 300 °С.

В дальнейшие расчеты будут внесены коррективы на изменение температур по высоте, по сечениям, и как дополнительная нагрузка, вызванная обслуживанием печи в период ее эксплуатации, для улучшения технологического процесса – изоляция свода.

На основании данных мнемосхем работы печи и архивных данных управляющей программы выявлен незначительный перепад температур в период попеременной подачи факела и незначительное давление, создаваемое печными газами. Эти значения ничтожно малы, и в расчетной схеме ими можно пренебречь.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельский, В. И. Промышленные печи и трубы [Текст] / В. И. Бельский, Б. В. Сергеев. – М. : Стройиздат, 1974. – 301 с.
2. Волгина, Ю. М. Теплотехническое оборудование стекольных заводов [Текст] / Ю. М. Волгина. – М. : Стройиздат, 1974. – 307 с.
3. Глинков, М. А. Общая теория печей [Текст] / М. А. Глинков. – М. : Стройиздат, 1978. – 264 с.
4. Исламов, М. Ш. Проектирование и эксплуатация промышленных печей [Текст] / М. Ш. Исламов. – М. : Стройиздат, 1986. – 281 с.
5. Тринкс, В. Промышленные печи [Текст] / В. Тринкс. – М. : Стройиздат, 1961. – 392 с.

Получено 18.10.2013

Г. В. ІХНО, В. І. МОСКАЛЕНКО

НАТУРНЕ ОБСТЕЖЕННЯ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ ЗАВОДУ ВАТ «СТРОЙ-СТЕКЛО-ТРЕЙДІНГ» У М. КОСТЯНТИНІВКА ПІСЛЯ 4-ОХ РОКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Це обстеження проводилося з метою отримання даних про наявність пошкоджень конструкцій печі в ході експлуатації; зміни конструктивних елементів в ході експлуатації при зміні технологічного процесу у разі, якщо такі мали місце; визначення постійних, ustalених температур в агрегаті печі та на конструкції її металевої обв'язки; вивчення динамічних навантажень в агрегаті печі.

**скловарна піч, днище печі, свод печі, каркас, вогнетрив**

ANNA IHNO, VOLODYMYR MOSKALENKO  
FULL-SCALE SURVEY OF THE GLASS MELTING FURNACE PLANT LLC  
«STROYSTEKLO TRADING» IN KOSTIANTYNIVKA AFTER 4 YEARS OF  
OPERATION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This examination was conducted to obtain data of a structural damage during furnace operation, changes of structural elements during operation when changing process, if any occurred, determining constants established temperature furnace unit and its metal binding structure; study of dynamic loads in the furnace unit.

**tank furnace, siege, flying arch, skeleton, refractory block**

**Ихно Ганна Володимирівна** – асистент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція та підсилення будівельних металевих конструкцій, технологія та організація робіт при будівництві та реконструкції будівель та споруд.

**Москаленко Володимир Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, академік Української академії наук, академік Академії будівництва України, Заслужений будівельник України. Наукові інтереси: розробка енергоощадних технологій в будівництві, вдосконалення технології та організації будівельного виробництва на основі прогресивних будівельних матеріалів і конструкцій. Технологічні фактори приготування суміші.

**Ихно Анна Владимировна** – ассистент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция и усиление строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

**Москаленко Владимир Иванович** – кандидат технических наук, доцент, академик Украинской академии наук, академик Академии строительства Украины, Заслуженный строитель Украины. Научные интересы: разработка энергосберегающих технологий в строительстве, совершенствование технологии и организации строительного производства на основе прогрессивных строительных материалов и конструкций. Технологические факторы приготовления смеси.

**Ihno Anna** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: designing, installation, operation, technical diagnostics, an estimation of a technical condition, reconstruction and strengthening of building metal designs, technology and the organization of works at construction and reconstruction of buildings and constructions.

**Moskalenko Volodymyr** – PhD, Associate Professor, Academician of the Ukrainian Academy of Sciences, Academician of the Academy of Construction of Ukraine, Honored Builder of Ukraine. Scientific interests: development of energy saving technologies in the construction, improvement of technology and organization of production on the basis of the construction of advanced building materials and designs. Technological factors of mixing.

УДК 666.972.167

**О. П. КАЛМИКОВА**

Державний вищий навчальний заклад «Макіївський політехнічний коледж»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОТИМОРОЗНИХ ДОМІШОК НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ**

У роботі висвітлено сучасний метод зимового бетонування з використанням протиморозних добавок, що дозволяє забезпечити набір щільності, збільшити рухливість бетонної суміші і запобігти її замерзанню під час зведення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій. Проведено лабораторний аналіз використання комплексної пластикувальної добавки «Кріопласт екстра», яку можна використовувати як протиморозну добавку. У зв'язку з цим, є зацікавленість у дослідженні впливу однієї з сучасних протиморозних добавок на фізико-механічні властивості бетонів і будівельні розчини.

**протиморозні домішки, властивості бетону, теплота гідратації, операційний контроль, випробування зразків бетону, технологічні характеристики**

### **ВСТУП**

При виконанні бетонних робіт у зимових умовах потрібно застосовувати ефективні та економічні методи вистоявання бетону, що дають змогу забезпечити високу якість конструкцій: метод термосу, метод введення у суміш під час її приготування протиморозних хімічних домішок та метод електропрогрівання, що забезпечує інтенсифікацію твердіння бетону. Перспективними є комбіновані способи зимового бетонування, наприклад термос з використанням у бетоні протиморозних домішок, електропрогрівання, електрооброблення бетонної суміші в тепляках та ін. Вибір методу бетонування в зимових умовах залежить від виду та масивності конструкції, виду і класу бетону, зовнішніх умов виконання робіт, технічної та енергетичної забезпеченості об'єкта та інших чинників.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ**

Досліджується ефективність використання комплексної пластикувальної домішки, що застосовують для виготовлення бетону в умовах низьких температур.

Для проведення практичного дослідження детально вивчена теоретична база: нормативна література, рекомендації з використанням домішок, довідкова література та виготовлені зразки бетону. Після проведення дослідницької роботи виконано порівняння міцності на стиск зразків бетону з протиморозною домішкою та без неї. Аналізуються особливості проти морозних домішок на фізико-механічні характеристики бетону.

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА РОБОТИ**

Для практичних досліджень використовували зразки бетону 10×10×10 см класу В 25:  
Витрати матеріалів на 1 м<sup>3</sup>:

#### **1 заміс:**

цемент – 400 кг;  
пісок – 680 кг;  
щебінь – 1 140 кг;  
вода – 200 л;  
проти морозна домішка «Кріопласт екстра» – 1,3 %.

#### **2 заміс:**

цемент – 400 кг;  
пісок – 680 кг;  
щебінь – 1 140 кг;  
вода – 200 л.

Витрати домішки:

400 кг – 100 %

X л – 1,3 %

$$X = 400 \cdot 1,3 / 100 = 5,2 \text{ л}$$

Міцність бетону у серії з трьох контрольних зразків визначали, як середнє арифметичне значення міцності двох найбільших за міцністю зразків. Для експерименту з різних замісів було виготовлено одну серію зразків для визначення марочної міцності, а інші – для оцінки проміжної міцності бетону. У лабораторних умовах одні зразки бетону зберігалися 28 діб у нормальних умовах, а саме:  $t = 20^\circ\text{C}$  та вологості 95 %. Інші зразки з проти морозною домішкою та без неї зберігали у зимовий період на відкритому майданчику, які були укриті теплоізоляційними матеріалами, потім випробовували ні міцність у різний період часу. Зразки, що зберігалися на морозі, були витримані 4 години у приміщенні при температурі  $20^\circ\text{C}$ , згідно з вимогами СНіП 3.03.01-87. Після випробувань на пресі у віці 28 діб міцність бетону класу В 25 склала 327,4 кгс/см<sup>2</sup>. У таблиці додаються результати міцності контрольних зразків, що зберігались у зимовий період часу при температурі  $-5^\circ\text{C}$ .

**Таблиця** – Результати випробувань на місці бетонних зразків у різний період часу (при  $t = -5^\circ\text{C}$ )

№ п/п	Клас бетону	Протиморозна домішка, %	Результати міцності на стиск, %			
			1 доба	3 доби	7 діб	28 діб
1	В 25	Відсутня	0	5	15	25
2	В 25	«Криопласт Экстра», 1,3 %	1	15	30	70

Аналізуючи особливості впливу протиморозних домішок на фізико-механічні характеристики бетону, можна зробити висновок, що бетон з протиморозною домішкою забезпечує набір міцності краще, ніж бетон домішок.

Виробництво бетонної суміші взимку можна розділити на три періода:

I період: при температурі від  $+5$  до  $-5^\circ\text{C}$ .

II період: при температурі від  $-5$  до  $-10^\circ\text{C}$ .

III період: при температурі від  $-10$  до  $-15^\circ\text{C}$ .

Кількість протиморозних домішок у бетон класу В 25 (з витратою цементу 400 кг) складає: у I період – 1,3 %, що дорівнює – 5,2 л; у II період – 1,6 % = 6,4 л; III період – 2,0 % = 8,0 л. Протиморозна домішка додається для попередження замерзання бетонної суміші при зведенні монолітних бетонних та залізобетонних конструкцій до початку активного теплового оброблення.

Застосуванням домішок у бетонних отримують поліпшення технологічних властивостей бетонної суміші, підвищення морозостійкості. Всі види домішок потрібно використовувати, дотримуючись вимог нормативних документів на них та правил техніки безпеки ДБН А.3.2-2-2009.

При укладці бетонної суміші в зимовий період потрібно дотримуватись таких вимог:

- цикл, що включає виготовлення бетонної суміші, транспортування, укладання і її ущільнення не повинен перевищувати 2 годин;

- під час вистоявання бетону використовувати початковий вміст теплоти у бетонній суміші і тепловиділення цементу;

- бетони з протиморозними домішками застосовувати, якщо забезпечено набрання ними до замерзання критичної міцності на менше ніж 20 % марочної;

- бетони з протиморозними домішками не можна застосовувати при спорудженні конструкцій, що підлягають динамічним навантаженням.

Важливим етапом є догляд, який розподіляють на початковий та основний:

- **початковий** (виконують 4–8 годин під час виконання бетонних робіт);

- **основний** (виконують до набирання бетоном 70 % проектної міцності. Конструкції покривають брезентом, водонепроникними плівками, теплоізоляційними матеріалами та іншим).

На цей час значно зросли темпи зведення монолітних будівель. При цьому значно скорочуються строки витримання монолітних конструкцій. З'явилися легкі теплоізоляційні матеріали, різноманітні електронагрівачі, нагрівні кабелі, драти, термоопалубки, прилади для визначення температури бетону, який твердне, та засоби автоматичного керування режимами витримання конструкцій. Комп'ютерне програмне забезпечення дозволяє не тільки розрахувати і прогнозувати технологічні параметри, але й здійснювати оптимальне керування технологічними процесами.

### АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

На підставі проведеного аналізу можна зробити такі висновки: серед великої кількості протиморозних хімічних домішок, що застосовують для виготовлення бетонних сумішей, потрібно в лабораторних умовах постійно удосконалювати зимові рецепти суміші та виконувати певні вимоги під час всього технологічного циклу: від виготовлення, транспортування, удосконалення до ущільнення та догляду за бетоном. Для того, щоб обігрів конструкції за рахунок теплоти гідратації розпочався раніше й відбувався з більшою інтенсивністю, слід вжити таких заходів: використовувати більш активний цемент, застосовувати підвищене його дозування (зимові рецептури), зменшити кількість води за рахунок хімічних домішок та дотримуватись схем операційного контролю якості при виготовленні бетону і залізобетону у зимовий період (рис.).



**Рисунок** – Операційний контроль якості при виробництві бетонних конструкцій.

Необхідно зауважити, що внаслідок підігрівання компонентів та використання домішок бетонна суміш може втрачати свою пластичність. Також слід враховувати при виборі транспортування бетонної суміші найкоротший шлях. Опалубка та арматура перед бетонуванням повинні бути очищені від снігу за допомогою струменя гарячого повітря. Застосування пари та гарячої води не дозволяється. Одразу після укладання бетонної суміші та її ущільнення потрібно укривати вільну поверхню брезентом, поліетиленовою плівкою та іншим видом теплоізоляційного покриття.

Результати дослідницької роботи можуть бути запропоновані студентам як допоміжний матеріал при вивченні дисципліни «Технологія і організація будівельного виробництва» та при виконанні дипломного проекту в організаційно-будівельному розділі спеціальності 5.06010101 «Будівництво та експлуатація будівель і споруд», а також інженерно-технічним працівникам.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черненко, В. К. Технологія будівельного виробництва [Текст] / В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко. – К. : Вища школа, 2002. – 427 с.
2. Рекомендации по применению добавок для бетонов и строительных растворов [Текст]. Выпуск 5.1 / Научно-технический центр компании «Полипласт Новомосковск». – Новомосковск : Научно-технический центр компании «Полипласт Новомосковск», 2011. – 162 с.
3. Ярмоленко, М. Г. Технологія будівельного виробництва [Текст] : підручник / М. Г. Ярмоленко, Є. Г. Романушко, В. І. Терновий ; ред. : М. Г. Ярмоленко. – 2-е вид., доп. і перероб. – К. : Вища шк., 2005. – 342 с. : іл. – ISBN 966-642-247-6.

4. Лещинский, М. Ю. Лабораторный контроль качества в жилищно-гражданском строительстве [Текст] : справочник / М. Ю. Лещинский, Г. А. Целыковский, В. И. Александров. – Киев : Будівельник, 1983. – 168 с.
5. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення [Текст]. – На заміну СНиП III-4-80\* ; чинні від 2012-04-01. – К. : Міністерство будівництва України, 2012. – 116 с.

Отримано 20.09.2013

Е. П. КАЛМЫКОВА

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОМОРОЗНЫХ ПРИМЕСЕЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

Государственное высшее учебное заведение «Макеевский политехнический колледж»

В работе освещен современный метод зимнего бетонирования с использованием противоморозных добавок, что позволяет обеспечить набор плотности, увеличить подвижность бетонной смеси и предотвратить ее замерзание во время возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Проведен лабораторный анализ использования комплексной пластифицирующей добавки «Криопласт экстра», которую можно использовать в качестве противоморозной добавки. В связи с этим, есть заинтересованность в исследовании влияния одной из современных противоморозных добавок на физико-механические свойства бетонов и строительные растворы. **противоморозные добавки, свойства бетона, теплота гидратации, операционный контроль, испытания образцов бетона, технологические характеристики**

OLENA KALMYKOVA

#### THE INFLUENCE OF IMPURITIES ON ANTIFREEZING PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

State Higher Educational Institution «Makeevka Polytechnic College»

In the work the modern method of winter concreting with use of antifreezing additives that allows to provide density, to increase mobility of a concrete mix and to prevent its freezing during construction of monolithic concrete and ferroconcrete designs has been found out. The laboratory analysis of use of a complex plasticizing additive «Krioplast extra» which can be used as an anti freezing additive has been carried out. In this regard, there is an interest in research of influence of one of modern anti freezing additives on physic and mechanical properties of concrete and construction solutions. **antifreezing admixture, concrete properties, heat of hydration, operational control, test samples of concrete, technological characteristics**

**Калмикова Олена Петрівна** – викладач вищої категорії спеціальних будівельних дисциплін, завідувач будівельного відділення Державного вищого навчального закладу «Макиївський політехнічний коледж». Наукові інтереси: інноваційні технології у будівництві.

**Калмыкова Елена Петровна** – преподаватель высшей категории специальных строительных дисциплин, заведующая строительным отделением Государственного высшего учебного заведения «Макеевский политехнический колледж». Научные интересы: инновационные технологии в строительстве.

**Kalmykova Olena** – the teacher of the highest category of specific building disciplines, the head of Building Department of the State Higher Education Establishment «Makeevka Polytechnic College». Scientific interests: innovative technologies in building.

УДК 69.05(075.8)

**А. Ф. ИЛЬЧЕВ, В. В. ТАРАН, Д. Е. БЕРШАДСКАЯ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

В статье изложена методика комплексной технико-экономической оценки различных вариантов технологии и организации производства строительно-монтажных работ при разработке технологических карт, строительных генеральных планов и при разработке проектов производства работ в целом. По отдельным технологическим критериям оценки эффективности строительного производства приведены примеры и рекомендации для использования в дипломных и курсовых проектах.

**проект производства работ, технологическая карта, продолжительность строительства, сменность работ, стройгенплан, коэффициент застройки, коэффициент компактности стройгенплана, минимальные размеры стройгенплана**

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ**

Технико-экономическая оценка принятых в дипломном проекте решений производится, как правило, по критерию сокращения продолжительности строительства объекта или по критерию выбора наиболее эффективных конструкций. Эффективность принятых технологических и организационных решений в проекте или рассчитывается по единичному фактору, или вообще не рассчитывается. Имеется настоятельная необходимость в разработке и рекомендациях по методике применения различных способов комплексной технико-экономической оценки принятых в проекте решений по технологии и организации строительного производства.

Выполнение отдельных видов (циклов) работ и возведение зданий и сооружений можно осуществлять по различным решениям в проектах производства работ (ППР): механизации и сменности работ, организации строительной площадки и строительного производства, по продолжительности строительства и другим факторам.

Опыт свидетельствует, что правильный выбор оптимального варианта технологии и организации строительно-монтажных работ, цикла работ и возведения объекта в целом снижает сметную стоимость соответствующих работ до 5–6 % [1; 5].

В соответствии с «Инструкцией по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рациональных предложений» – СН 509-78 [2] технико-экономическая оценка технологических решений, принятых в ППР по различным вариантам, производится сопоставлением значений удельных приведенных затрат по формуле:

$$Z_i = C_i + E_n \cdot K_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $Z_i$  – удельные приведенные затраты по  $i$ -му варианту, грн. / ед.;

$C_i$  – себестоимость единицы СМР (продукции) по  $i$ -му варианту, грн. / ед.;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений в производственные фонды на единицу СМР;

$K_i$  – удельные капитальные вложения в производственные фонды на единицу СМР по  $i$ -му варианту технологии или механизации работ, грн. / ед.

При выборе варианта механизации, технологии и организации производства работ предпочтение отдается варианту с минимальными приведенными затратами, а экономическая эффективность (годовая в грн.) определяется по формуле:

© А. Ф. Ильичев, В. В. Таран, Д. Е. Бершадская, 2013

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) \cdot A_2, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}$  – экономический эффект предпочтительного (выбранного) варианта технологии с  $Z_2$ , грн.;  
 $Z_1$  и  $Z_2$  – приведенные затраты на ед. объема работ соответственно 1-го и 2-го вариантов технологии, грн. / ед.;  
 $A_2$  – объем работ, выполняемый по варианту 2 или в расчетном году, ед.

Исходные данные:  $C_i$  – определяется на основании выполненных расчетов из сметной документации, разработанной на базе РЭСН на ПЭВМ, а  $E_u$  и  $K_i$  принимаются по нормативам.

Принятые при разработке ППР решения, обеспечивающие сокращение продолжительности возведения здания (включая сроки обустройства СГП), например, за счет сокращения продолжительности работ по организации строительной площадки, за счет организации монтажа конструкций здания «с колес», приводят к получению экономического эффекта  $\mathcal{E}_c$  за счет сокращения условно-постоянных расходов подрядчика  $\mathcal{E}_y$ , грн., и получения дополнительной прибыли  $\mathcal{E}_{on}$ , грн., определяемого по формуле:

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_{on}; \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_y = H \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (4)$$

где  $\mathcal{E}_y$  – экономический эффект от снижения условно-постоянных расходов, грн.;  
 $H$  – условно-постоянные расходы по варианту с продолжительностью строительства  $T_1$ , грн.; значение  $H$  в дипломном и курсовом проектах можно принимать в размере 50 % от общепроизводственных расходов;  
 $T_1$  и  $T_2$  – продолжительность строительства по сравниваемым вариантам, соответственно большая и меньшая, в мес. или годах.

#### Пример расчета $\mathcal{E}_y$

Исходные данные: сметная стоимость объекта  $C_{см} = 5\,000$  тыс. грн.; условно-постоянные расходы  $H$  усредненно составляют 50 % от общепроизводственных расходов  $C_{от}$ ;  $C_{от}$  в ТК можно принимать 12...15 % от сметной стоимости  $C_{см}$ ; нормативная продолжительность строительства  $T_1 = 10$  мес., в т. ч. продолжительность монтажа надземной части здания 3 мес.; принятая в ТК продолжительность строительства  $T_2 = 9$  мес., в т. ч. продолжительность монтажа надземной части здания 2 мес.

Расчет показателей  $H$  и  $\mathcal{E}_y$ .

$$H = 0,5 \cdot 0,14 \cdot 5\,000 = 350 \text{ тыс. грн.}$$

$$\mathcal{E}_y = 350 \cdot (1 - 9/10) = 350 \cdot 0,1 = 35 \text{ тыс. грн.}$$

Сравнение затрат на механизацию работ и расчет экономического эффекта  $\mathcal{E}_м$  при применении различных вариантов (марок) монтажных кранов по стоимости маш.-ч работы кранов производится по формуле [3]:

$$\mathcal{E}_м = C_{(м-ч)1} \cdot t_1 - C_{(м-ч)2} \cdot t_2, \quad (5)$$

где  $C_{(м-ч)1}$  и  $C_{(м-ч)2}$  – стоимость маш.-ч работы кранов соответственно в 1-м и 2-м сравниваемых вариантах; причем  $C_{(м-ч)1}$  большая, грн./маш.-ч;  
 $t_1$  и  $t_2$  – затраты рабочего машинного времени кранов в 1-м и 2-м вариантах при выполнении данного вида работ по технологической карте, маш.-ч; в формуле (5).

Выполняя расчет по формуле (5), необходимо соблюдать условие:  $C_{(м-ч)1} \cdot t_1 > C_{(м-ч)2} \cdot t_2$ .

*Примеры расчета экономического эффекта при сравнении различных вариантов технологии и механизации строительно-монтажных работ*

При проектировании ТК и ППР следует предусматривать возможность увеличения сменности работы строительных кранов (ведущих машин) до трех.



В двух вариантах организации монтажных работ, характеризующихся различной сменностью  $K_1$  и  $K_2$  ( $K_1 \geq 1, K_2 > K_1$ ) работы крана, во втором достигается увеличение годового фонда рабочего времени крана и снижение амортизационных сумм на 1 маш.-ч крана.

Сокращение затрат на 1 маш.-ч сменного рабочего времени  $\Delta C_{м-ч}$ , грн./маш.-ч при сравнении этих вариантов определяется по формуле:

$$\Delta C_{м-ч} = \frac{Г}{T_c} \left( \frac{1}{K_1} - \frac{1}{K_2} \right), \quad (6)$$

где  $Г$  – затраты, включающие исчисленные на год амортизационные суммы на полное восстановление и капитальный ремонт крана, а также затраты на содержание и ремонт в течение года подкрановых путей, грн./год;

$T_c$  – число часов использования кранов в течение года, ч/год.

Одним из важных экономических показателей ППР, и в частности СГП, является коэффициент площади стройгенплана  $K_{пл}$ , определяемый по формуле:

$$K_{пл} = \frac{F_{сзн}}{F_{мин}}, \quad (7)$$

где  $F_{сзн}$  – площадь, занимаемая стройгенпланом – м<sup>2</sup>;

$F_{мин}$  – минимальная площадь стройплощадки, рассчитанная исходя из требований размещения опасных зон на стройплощадке.

Размеры минимальной (оптимальной) площади СГП рассчитываются путем нанесения на план стройплощадки границ опасных зон, и в первую очередь зон, над которыми перемещаются грузы, с учетом границ зоны рассеивания грузов при их возможном падении.

Границы опасных зон на СГП наносятся в соответствии с требованиями действующих в Украине нормативных документов [4].

Экономическая эффективность от оптимизации площади с СГП –  $\mathcal{E}_{оп}$ , грн., определяется за весь период аренды земельного участка по формуле:

$$\mathcal{E}_{оп} = C_{фл} \cdot C_{оп}, \quad (8)$$

где  $C_{фл}$  – затраты на аренду фактического земельного участка, занимаемого стройгенпланом, грн.;

$C_{оп}$  – затраты на аренду земельного участка, занимаемого стройгенпланом с оптимизированной площадью,  $F_{оп}$  м<sup>2</sup>.

Затраты на аренду земельного участка  $C_{фл}$ , грн., с фактической площадью  $F_{ф}$ , м<sup>2</sup>, и  $C_{оп}$ , грн., с оптимизированной площадью  $F_{оп}$ , м<sup>2</sup>, определяются соответственно по формулам:

$$C_{фл} = F_{ф} \cdot C_{ар} \cdot t_{ар}, \quad (9)$$

$$C_{оп} = F_{оп} \cdot C_{ар} \cdot t_{ар}, \quad (10)$$

где  $C_{ар}$  – стоимость аренды 1 м<sup>2</sup> земельного участка, занимаемого стройгенпланом, грн. / мес.;

$t_{ар}$  – продолжительность аренды земельного участка, занимаемого стройгенпланом, мес.

Показатель трудоемкости работ по организации строительной площадки для различных проектных вариантов определяется по [2] путем расчета уменьшения численности работающих на  $\Delta Ч$  (чел.), занятых на этих работах, по формуле:

$$\Delta Ч = (Ч_о - Ч_т) \cdot A_t, \quad (11)$$

где  $Ч_о$  – численность работающих на единицу работ (тыс. грн., физические измерители работ: шт., м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, м и др.), по базовому варианту, чел. / ед.;

$Ч_т$  – то же по улучшенному варианту, чел. / ед.;

$A_t$  – период выполнения работ по организации строительной площадки, дни.

Экономия трудозатрат на выполнение работ по организации строительной площадки  $\Delta T$ , чел.-дн., определяется по формуле:

$$\Delta T = \Delta Ч \cdot A_t, \quad (12)$$

Экономический эффект по экономии зарплаты  $\mathcal{E}_{\text{зн}}$ , грн., с учетом обязательных начислений на зарплату (~37 % от  $C_{\text{зн}}$ ) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{зн}} = C_{\text{зн}} \cdot \Delta T \cdot (1 + 0,37), \quad (13)$$

где  $C_{\text{зн}}$  – стоимость заработной платы одного работающего за 1 чел.-дн., грн. / чел.-дн.; рассчитанной по формуле:

$$C_{\text{зн}} = t_{\text{ср}} \cdot 8, \quad (14)$$

где  $t_{\text{ср}}$  – тарифная ставка (зарплата) за 1 чел.-ч работника со средним квалификационным разрядом (~3,8), грн. / чел.-ч.

#### Коэффициенты для оценки ТЭП стройгенплана

При оценке ТЭП стройгенплана анализируется и сравнивается ряд полученных показателей по разработанному СГП с показателями аналогичных объектов или по различным вариантам организации строительной площадки.

К таким показателям относятся следующие коэффициенты:

- коэффициент застройки стройгенплана  $K_{\text{з}}$ , определяемый по формуле:

$$K_{\text{з}} = \frac{F_{\text{з}}}{F_{\text{сгп}}}, \quad (15)$$

где  $F_{\text{з}}$  – суммарная площадь, занимаемая строящимся зданием, временными зданиями и сооружениями, складами и дорогами, м<sup>2</sup>;  
 $F_{\text{сгп}}$  – площадь, занимаемая СГП в пределах его ограждения, м<sup>2</sup>;

- коэффициент компактности СГП,  $K_{\text{ком}}$ , определяемый отношением площади в плане строящегося объекта  $F_{\text{об}}$ , м<sup>2</sup>, к площади, занимаемой СГП в пределах его ограждения, по формуле:

$$K_{\text{ком}} = \frac{F_{\text{об}}}{F_{\text{сгп}}}, \quad (16)$$

- коэффициент протяженности временных коммуникаций  $K_{\text{пр}}$ , м, (дорог, водопровода, канализации, линий энергообеспечения, электроосвещения и временного ограждения СГП), определяемый по формуле:

$$K_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{ком}}}{F_{\text{сгп}}}, \quad (17)$$

где  $L_{\text{ком}}$  – суммарная длина временных коммуникаций на СГП, м;

- коэффициент использования площади временных зданий и сооружений, включая площадь складов,  $K_{\text{взс}}$ , определяемый по формуле:

$$K_{\text{взс}} = \frac{F_{\text{взс}}}{F_{\text{сгп}}}, \quad (18)$$

где  $F_{\text{взс}}$  – площадь, занимаемая временными зданиями и сооружениями на СГП, м<sup>2</sup>.

Изложенная методика технико-экономической оценки технологических и организационных решений позволяет из рассматриваемых вариантов принимать к производству строительно-монтажных работ наиболее экономичные в ППР.

## ВЫВОД

Предложенная методика оценки вариантов технологии производства строительно-монтажных работ может быть использована при разработке курсовых и дипломных проектов студентами специальности «Промышленное и гражданское строительство».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН А.3.1-5-2009. Державні будівельні норми України. Організація будівельного виробництва [Текст]. – На замін ДБН А.3.1-5-96 ; чинні з 2012-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 61 с.

2. СН 509-78. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [Текст]. – Взамен раздела 5 Инструкции СН 423-71 ; введ. 1979-01-01. – М. : Стройиздат, 1979. – 64 с.
3. Методическое пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология возведения зданий и сооружений». Тема «Технологическая карта на возведение надземной части здания» [Текст] / Сост. А. Ф. Ильичев, А. М. Югов, Т. Н. Купченко. – Макеевка : ДонНАСА, 2006. – 55 с.
4. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення [Текст]. – На заміну СНиП III-4-80\* ; чинні від 2012-04-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 116 с.
5. Ушацкий, С. А. Организация, планирование и управление городским строительством [Текст] : Учебник / С. А. Ушацкий. – К. : Вища школа. Головное издательство, 1996. – 352 с.
6. СНиП 1.04.03-85\*. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений [Текст]. В 2-х ч. Ч. 1. – Взамен СН 440-79 ; введ. 1985-08-01. – М. : АПП ЦИТП, 1991. – 279 с.
7. СНиП 1.04.03-85\*. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений [Текст]. В 2-х ч. Ч. 2. – Взамен СН 440-79 ; введ. 1985-08-01. – М. : АПП ЦИТП, 1991. – 236 с.

Получено 02.10.2013

**А. Ф. ІЛЬЧЕВ, В. В. ТАРАН, Д. Є. БЕРШАДСЬКА**  
**МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА**  
**БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ**  
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті викладено методику комплексної техніко-економічної оцінки різних варіантів технології і організації виконання будівельно-монтажних робіт при розробленні технологічних карт, будівельних генеральних планів і при розробленні проектів виконання робіт в цілому. За окремими технологічними критеріями оцінки ефективності будівельного виробництва наведено приклади і рекомендації для використання у дипломних і курсових проектах.

**проект виконання робіт, технологічна карта, тривалість будівництва, змінність робіт, будгенплан, коефіцієнт забудови, коефіцієнт компактності будгенплану, мінімальні розміри будгенплану**

**ANATOLIY IL'YICHEV, VALENTINA TARAN, DAR'YA BERSHADSKAYA**  
**METHOD OF EVALUATION OF OPTIONS FOR MANUFACTURING**  
**CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORKS**  
 Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In this paper the method of complex technical and economic evaluation of the various options for technology and factory construction works in the development of process maps, construction master plans and the development of projects for the production of works in general has been given. Technological criteria for individual performance evaluation of building production examples and recommendations for use in diploma and course projects have been given.

**production design work, routing, construction time, shift-work, Construction General Plan, the coefficient of development, the coefficient of compactness layout and location plan, the minimum dimensions of layout and location plan**

**Ільчев Анатолій Федорович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка енергоощадних технологій в цивільному будівництві, удосконалення технології і організації будівельного виробництва на основі прогресивних будівельних матеріалів та конструкцій

**Таран Валентина Володимирівна** – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних каркасних цивільних будівель, шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

**Бершадська Дар'я Євгенівна** – асистент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка енергоощадних технологій в цивільному будівництві, удосконалення технології і організації будівельного виробництва на основі прогресивних будівельних матеріалів та конструкцій.

**Ильичев Анатолий Федорович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка энергосберегающих технологий в гражданском строительстве, совершенствование технологии и организации строительного производства на основе прогрессивных строительных материалов и конструкций.

**Таран Валентина Владимировна** – кандидат технических наук, ассистент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении монолитных каркасных гражданских зданий, путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

**Бершадская Дарья Евгеньевна** – ассистент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка энергосберегающих технологий в гражданском строительстве, совершенствование технологии и организации строительного производства на основе прогрессивных строительных материалов и конструкций.

**Il'yichev Anatoliy** – PhD (Eng.), associate professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of energy saving methods in civil engineering, improvement of construction technology and organization on the basis of up-to-date building materials and structures.

**Taran Valentina** – PhD (Eng.), assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the effectiveness of the constructive-technological solutions at erection of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

**Bershadskaya Dar'ya** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of energy saving methods in civil engineering, improvement of construction technology and organization on the basis of up-to-date building materials and structures.

УДК 69.032:725.4

**Е. П. КАПУСТИНА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

В статье рассматриваются особенности проектирования и производства ремонтно-строительных работ в условиях действующего промышленного производства. Исследуется один из важнейших организационных параметров реконструкции – степень стесненности строительной площадки.

**высотное сооружение, степень стесненности, строительная площадка, ремонтно-строительные работы**

### **АКТУАЛЬНОСТЬ**

Большинство сооружений, подвергающиеся реконструкции, имеют существенный физический износ, накопленный за годы предыдущей эксплуатации. При этом многие из них устарели морально, не отвечают современным нормативным и экологическим требованиям, новым технологиям и т. д. Необходимость проведения реконструкции возникает при обнаружении ограниченно работоспособного, неработоспособного или аварийного технического состояния конструкций.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В отличие от нового строительства при реконструкции практически отсутствуют внеплощадочные подготовительные работы, так как реконструируемые объекты находятся в составе действующего предприятия и в подготовительный период производятся, как правило, только внутриплощадочные работы по подготовке строительной площадки в целом и отдельных сооружений к проведению основных строительно-монтажных работ.

Ускорению процесса подготовки строительной площадки к проведению основных строительно-монтажных работ способствует использование по договоренности с администрацией предприятия столовых, медпунктов, бытовых помещений и т. п. На строительной площадке размещается минимальное недостающее количество инвентарных зданий, которые могут свободно транспортироваться по площадке в зависимости от места производства работ.

При реконструкции строительных объектов в условиях действующего промышленного предприятия строительно-монтажные организации стремятся использовать действующие инженерные сети для снабжения строительной площадки электроэнергией, теплом, паром, сжатым воздухом, газом и т. д. При недостаточной мощности энергетических установок промышленного предприятия или при большом удалении постоянных инженерных сетей от мест проведения работ используются временные инженерные сети.

При устройстве временных автомобильных дорог используют различные варианты:

- заблаговременное строительство постоянных дорог (без верхнего слоя покрытия);
- укладка временного покрытия из железобетонных плит;
- устройство временных дорог со щебеночным покрытием с обязательной ее разборкой и отвозкой материалов по окончании работ;
- устройство грунтовой дороги в благоприятных климатических условиях и в летнее время с обязательным предварительным срезанием и сохранением слоя растительного грунта.

В местах пересечения временных дорог с железнодорожными путями реконструируемого предприятия оборудуются переезды, предохраняющие рельсовый путь от повреждения.

При использовании существующих дорог предприятия их проверяют на допустимость провоза строительных грузов. Проверка делается по высотным габаритам проездов, их ширине и величине радиусов поворотов.

Производство строительно-монтажных работ при реконструкции высотных инженерных сооружений действующих промышленных предприятий имеет ряд особенностей, возникающих вследствие того, что строительно-монтажные работы совмещены во времени и пространстве с технологической деятельностью производства и проводятся в условиях сложившегося генерального плана предприятия. Это усложняет организацию и технологию строительно-монтажных работ, затрудняет применение имеющихся в распоряжении строителей и монтажников средств механизации, организацию материально-технического снабжения и т. д.

Следствием стесненности строительной площадки является нерациональная организация внутриплощадочных транспортных потоков, что затрудняет передвижение рабочих, а также препятствует применению строительной техники, увеличивая тем самым объемы немеханизированных работ. Именно поэтому степень стесненности строительной площадки относится к классификационным признакам, определяющим категорию сложности объекта реконструкции (табл.).

Внешняя стесненность выражается отношением свободной площади территории стройплощадки к площади участка, необходимой для рациональной организации строительного производства и размещения строительной техники, складирования конструкций и материалов и размещения бытового городка [1].

В общем случае свободная площадь определяется в виде суммы

$$F_c = F_0 - (F_{з.с.} + F_{н.с.} + F_{н.л.} + F_{з.б.}),$$

где  $F_c$  – общая площадь территории объекта реконструкции;  
 $F_{н.с.}$  – площадь зон надземных инженерных сетей;  
 $F_{н.л.}$  – территории, занятые складами, дорогами, временными административно-бытовыми помещениями;  
 $F_{з.б.}$  – территории, находящиеся в опасных зонах (вблизи складов легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), объектов энергетического хозяйства, транспортных магистралей и т. п.).

Эта величина сравнивается с площадью строительного генерального плана  $F_{з.п.}$ , обеспечивающей расчетные параметры использования машин и механизмов, складирования материалов, изделий, конструкций, оборудования, размещения бытового городка, устройства временных дорог и площадок.

$$F_{з.п.} = F_{с.м.} + F_{б.г.} + F_{дн} + F_{зм},$$

$F_{с.м.}$  – площадь складов для хранения материалов и конструкций;  
 $F_{б.г.}$  – площадь, занимаемая бытовым городком;  
 $F_{дн}$  – площадь дорог и площадок;  
 $F_{зм}$  – рабочие зоны строительных машин.

Возможны два предельных значения  $K_{см}$ :  $K_{см} = 0$  при  $F_c = 0$  и  $K_{см} \geq 1$  при  $F_c \geq F_{з.п.}$ . Возможно и другое значение  $K_{см}$  в интервале  $0 < K_{см} < 1$ .

$$K_{см} = \frac{F_c}{F_{з.п.}}$$

Проанализируем степень внешней стесненности строительной площадки при реконструкции в условиях действующего промышленного производства на конкретном объекте. В качестве примера рассмотрим строительную площадку при реконструкции дозировочного отделения I и II очереди с узлом пересыпки, силосы № 1–14 Ясиновского коксохимического завода.

$$F_c = 3\,600 - (1\,530 + 390) = 1\,680 \text{ м}^2,$$

$$F_{з.п.} = 234 + 148 + 3\,391 = 3\,773 \text{ м}^2,$$

$$K_{см} = 1\,680 / 3\,773 = 0,44.$$

Таблица – Классификация объектов реконструкции по степени сложности (категории)

Классификационные признаки	Степень (категория) сложности объекта		
	несложные	средней сложности	особо (чрезмерно) сложные
Состав объекта и объемно-планировочные решения	Несколько типовых зданий или одно здание с простыми объемно-планировочными решениями	Несколько нетиповых зданий и сооружений с повторяющимися параметрами основных габаритных схем или одно нетиповое (индивидуальное) здание	Большое количество различных зданий и сооружений или одно крупное здание с разными нетиповыми объемно-планировочными решениями
Конструктивные решения зданий и сооружений	Типовые конструкции, используемые для массового строительства, позволяющие выполнять строительно-монтажные работы промышленными методами	Различные сочетания индивидуальных и типовых конструкций, требующие применения относительно простых технологий строительного производства	Индивидуальные конструкции, в значительном объеме связанные с заменой или усилением оснований, фундаментов, несущих конструкций зданий, требующие разработки специальных технологий строительного производства
Степень стесненности строительной площадки	Нормальная $K_{ст} > 1$	Стесненные $0 < K_{ст} < 1$	Особо стесненные $K_{ст} < 0$
Плотность застройки территории	Малая	Средняя	Высокая
Эксплуатационная деятельность реконструируемых объектов	Работы ведутся в зданиях, освобожденных на период производства строительно-монтажных работ	Деятельность реконструируемого объекта прерывается на ограниченное время (период), но объект функционирует с некоторым ограничением	Эксплуатация реконструируемого объекта не прекращается во время производства строительно-монтажных работ
Насыщенность территории и условия эксплуатации инженерных коммуникаций	Малое количество инженерных коммуникаций, не требующих их защиты или переноса (перекладки) в процессе реконструкции	В равной степени имеются инженерные коммуникации, как эксплуатируемые в процессе реконструкции, так и требующие их защиты или переноса (перекладки) в незначительной степени (мере)	Наличие большого количества инженерных коммуникаций, эксплуатируемых в процессе реконструкции и требующие их защиты или переноса (перекладки)

Коэффициент стесненности строительной площадки вписывается в интервал  $0 < K_{ст} < 1$ . Следовательно, данная строительная площадка соответствует средней степени стесненности (табл.).

Определение коэффициентов стесненности площадки реконструкции относится к категории оптимизационных задач автоматизированного проектирования и определяет алгоритмы решения задач при формировании рационального варианта стройгенплана [1, 2].

Также допустимые варианты стройгенпланов формируются на основе целенаправленного перебора возможных методов реконструкции объектов, очередности реконструкции участков технологических переделов, последовательности выполнения работ с учетом технологически возможного их совмещения. Методы реконструкции объектов устанавливаются по специфическим особенностям промышленного производства конкретных объектов, входящих в этап реконструкции предприятия.

## ВЫВОДЫ

При формировании возможных вариантов организации строительно-монтажных работ при реконструкции высотных инженерных сооружений необходимо учитывать ограничения, вызываемые условиями и требованиями технологии промышленного и строительного производств, которые значительно сокращают число возможных вариантов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шрейбер, К. А. Технология и организация ремонтно-строительного производства [Текст] / К. А. Шрейбер. – М. : Издательство АСВ, 2008. – 296 с.
2. Иванов, Ю. В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт [Текст] : Учебное пособие / Ю. В. Иванов. – М. : Издательство АСВ, 2012. – 312 с.
3. Шагин, А. Л. Реконструкция зданий и сооружений [Текст] / А. Л. Шагин. – Москва : Высшая школа, 1991. – 352 с.
4. Караогланов, В. Г. Выбор эффективных организационно-технологических решений при реконструкции зданий [Текст] / В. Г. Караогланов, К. А. Шрейбер. – М. : МИКХиС, 2006. – 105 с.
5. Доста, В. В. Выбор рациональных организационно-технологических решений при реконструкции зданий [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Доста В. В. – М., 1998. – 139 с.

Получено 02.10.2013

К. П. КАПУСТИНА

### ОРГАНІЗАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД В УМОВАХ ДІЮЧОГО ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглядаються особливості проектування та виробництва ремонтно-будівельних робіт в умовах діючого промислового виробництва. Досліджується один з найважливіших організаційних параметрів реконструкції – ступінь обмеженості будівельного майданчика.

**висотна споруда, ступінь напруженості, будівельний майданчик, ремонтно-будівельні роботи**

EKATERINA KAPUSTINA

### ORGANIZATIONAL PARAMETERS RECONSTRUCTION OF ENGINEERING STRUCTURES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article considers the peculiarities of design and production of repair and construction works in conditions of industrial production. Investigate one of the major organizational settings reconstruction – the degree of tightness of the construction site are examined.

**high-rise construction, the degree of oppression, building site, construction and repair work**

**Капустина Катерина Павлівна** – аспірант кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка ефективних організаційно-технологічних рішень реконструкції інженерних споруд в умовах діючого промислового підприємства.

**Капустина Екатерина Павловна** – аспирант кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка эффективных организационно-технологических решений реконструкции инженерных сооружений в условиях действующего промышленного предприятия.

**Kapustina Ekaterina** – post-graduate student, assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective organizational and technological solutions on reconstruction of engineering structures of industrial enterprises.



УДК 69.059:69.003

**Н. Н. ШЕВЦОВА<sup>а</sup>, Д. А. ХОХРЯКОВА<sup>а</sup>, А. А. ПАСТЕРНАК<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, <sup>б</sup> ПАО «АКХЗ»

## **НОРМИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ЭЛЕМЕНТОВ РЕШЕТКИ ФЕРМ**

Осуществление технического перевооружения и реконструкции производственных объектов имеет ряд преимуществ по сравнению с новым строительством. Однако номенклатура существующих норм и расценок по усилению строительных конструкций в условиях реконструкции действующих предприятий недостаточна и не позволяет компенсировать затраты, которые несут строительные организации. В настоящей статье авторы рассматривают вопросы усиления ферм транспортерных галерей коксохимических предприятий путем замены элементов решетки. В проведенных исследованиях рассматривались два способа исключения из работы заменяемых элементов ферм: установка сжимающих (растягивающих) приспособлений на растянутые (сжатые) элементы решетки и временное усиление стоек и раскосов элементами аналогичного сечения. Методом технического нормирования процесса замены решетки ферм являлся хронометраж. Анализ результатов исследований показал, что удельные трудозатраты, определенные сметным расчетом, на 20 % ниже полученных в результате проведения хронометража. Установлено, что монтаж временных элементов усиления в виде угловой стали по сравнению с применением специальных разгружающих устройств позволяет снизить трудозатраты на 15 %.

**реконструкция, усиление, транспортерные галереи, фермы, элементы решетки**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

При осуществлении технического перевооружения и реконструкции производственных объектов удельные капитальные вложения на единицу прироста мощностей снижаются до 40 %, а продолжительность работ сокращается в 2...3 раза по сравнению с новым строительством. Кроме того, на реконструируемых предприятиях освоение введенных мощностей осуществляется в 3...5 раз быстрее.

Однако, несмотря на такие очевидные преимущества, заказчики, проектировщики и подрядные организации не отдают технического перевооружению и реконструкции действующих предприятий должного предпочтения перед новым строительством.

В виду недостаточной номенклатуры норм и расценок по усилению строительных конструкций в условиях реконструкции действующих предприятий подрядные организации нередко терпят убытки, а существующая система возмещения затрат не способствует привлечению квалифицированных специалистов для выполнения работ по реконструкции.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Конвейерные галереи и эстакады составляют около 1,96 % в общем объеме металлоконструкций коксохимических предприятий. Функционирование конвейерных галерей, обеспечивающих транспортирование угля, шихты и кокса, определяется непрерывностью производственного цикла, так как бункеры-накопители на складах угля обеспечивают запас не более чем на 3 суток, а бункеры угольной башни на коксовых батареях – до 24 часов. Длительная остановка конвейера на любой стадии производства может привести к нарушению работы коксовых печей.

Традиционными решениями несущих конструкций пролетных строений галерей на протяжении многих лет являлись фермы с сечениями из парных уголков.

Так как на коксохимических предприятиях стальные конструкции конвейерных галерей работают в условиях средней степени агрессивности среды, то основной вид износа их элементов – коррозионный.

Как показывает анализ последних исследований, значительно большему износу в результате воздействия паров воды, окиси углерода и фенолов, которые образуются при тушении кокса, подвергается подветренная сторона галереи. Причем степень коррозионного износа элементов решетки ферм на 15–20 % выше по сравнению с нижними и верхними поясами.

В соответствии с классификацией усиления металлических конструкций, приведенной в [1, 2, 6], различают шесть основных способов:

- подведение новых конструкций и элементов;
- постановка дополнительных ребер, диафрагм и распорок;
- усиление соединений элементов;
- увеличение сечений элементов;
- изменение конструктивной схемы;
- увеличение пространственной жесткости.

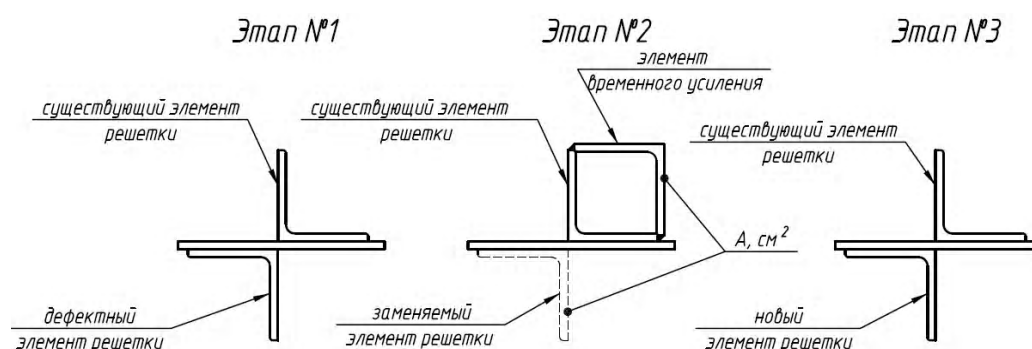
В настоящей статье авторы рассматривают вопросы усиления ферм транспортерных галерей путем замены элементов решетки.

Процесс усиления ферм путем замены элементов решетки имеет следующую технологическую структуру:

- разгрузка и предварительная раскладка элементов усиления;
- устройство рабочих мест и обеспечение безопасности;
- снятие с заменяемых элементов фермы действующих нагрузок;
- демонтаж дефектных элементов решетки;
- захват, подъем и временное закрепление новых элементов;
- включение в работу новых элементов решетки.

В литературе [5] выключение из работы раскосов и стоек ферм предлагается выполнять с использованием инвентарных приспособлений со стяжными муфтами и раскручивающими узлами, установленными на месте растянутых и сжатых элементов соответственно. Подобные операции весьма трудоемки, предполагают приобретение или изготовление специальных устройств, требуют контроля величины напряжений в них и создают определенные неудобства при установке новых элементов в проектное положение.

Сотрудниками кафедры металлических конструкций ДонНАСА была предложена новая технология замены элементов решетки ферм (рис.) при усилении транспортерных галерей, которая была применена на трех объектах-представителях.



**Рисунок** – Схема замены стоек и раскосов ферм путем установки временного элемента усиления.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Исследования, проведенные авторами при реконструкции и капитальном ремонте транспортерных галерей на территории Авдеевского коксохимического завода, были направлены на обоснование затрат труда при замене элементов решетки ферм (табл.).

Таблица – Параметры объектов реконструкции

Наименование объектов	Эскиз	Норма времени на основании хронометража, чел-час т		Удельная трудоемкость по сметному расчету, чел-час т	Вид строительства
		Вариант № 1	Вариант № 2		
Галерея под конвейер К-2а(б) –II коксового цеха № 2		576,6	489,5	498,3	Реконструкция
Галерея под конвейер У-15-2 углеподготовительного цеха № 2		598	510,6	498,3	Реконструкция
Галерея под конвейер К-3а(б) –II коксового цеха №2.		601	522,8	425,8	Капитальный ремонт

Нормативная основа и система ценообразования Украины не достаточно динамичны и не двигаются в ногу со строительным прогрессом. Временной зазор между появлением новой технологии и созданием сметной нормы очень велик. Поэтому ряд организаций из различных регионов сегодня по своей инициативе разрабатывает расценки на новые технологии.

В действующих сметных нормах на строительные работы (работы при реконструкции зданий и сооружений), ремонтно-строительные работы [3] и ведомственных ремонтных нормах отсутствует прямая расценка, учитывающая расход ресурсов и затрат труда при усилении металлических ферм путем замены элементов решетки. Применение непрямых расценок не позволяет подрядчикам в полной мере компенсировать те затраты, которые они понесли при выполнении подобных работ. Это связано с тем, что в существующих расценках учтен не весь перечень технологических операций, а в нормах отсутствуют указания по учету наружной и внутренней стесненности стройплощадки на территории действующего промышленного предприятия.

Разработка проектов реконструкции транспортных галерей производилась на основании результатов обследований технического состояния конструкций. Одним из главных вопросов, решаемых в проекте, являлся вопрос о выполнении работ без остановки действующего производства.

Галерея под конвейер У-15-2 является частью тракта подачи шихты на угольную башню № 3. Галерея выполнена однопролетной, с консольным примыканием к зданию угольной башни № 3. Нижнее опирание моста выполнено на металлической опорной балке перегрузочной станции № 9–11. Общая длина моста по наклону составляет 56,625 м. Ширина моста в осях ферм 4,9 м. Высота ферм переменная и составляет от 4,0 до 5,5 м.

Галерея под конвейер К-2а (б) – II является частью цикла подачи сырья от перегрузочной станции № 1К-II к бункерам валового кокса. Галерея имеет две линии «а» и «б» и девять пролетов (ферм) размерами 30, 24, 21 и 15 м. Общая длина галереи 215,89 м.

Галерея К-3а (б) – II имеет две линии и предназначена для транспортировки кокса от бункеров валового кокса на коксосортировку № 2. Транспортная галерея трехпролетная: первый пролет (ферма Ф-1) – 30,0 м и консоль 2,67 м; второй пролет (ферма Ф-2) – 30,0 м; третий пролет (ферма Ф-3) – 21,0 м и консоль 4,325 м. Размеры галереи каждой из линий в плане 88,4×5,4 м, высота 3,3 м в осях поясов.

Пролетные фермы галерей, рассматриваемых в настоящих исследованиях, выполнены с параллельными поясами и раскосной решеткой.

В состав работ по усилению рассматриваемых объектов входили:

- установка и снятие электролебедок;
- установка и снятие грузовых отводных блоков;
- устройство и разборка подвесных подмостей;
- установка сжимающих (растягивающих) приспособлений на растянутые (сжатые) дефектные элементы решетки ферм – вариант № 1;
- монтаж стоек и раскосов временного усиления таким же сечением, как удаляемые элементы – вариант № 2 (рис.);
- демонтаж дефектных элементов и монтаж новых элементов решетки ферм;
- снятие и демонтаж приспособлений и элементов усиления.

Методом технического нормирования процесса замены решетки ферм был хронометраж [4] с последующей обработкой соответствующих результатов (табл.).

## ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследований показал, что удельные трудозатраты на усиление ферм путем замены элементов решетки, определенные сметным расчетом, на 20 % ниже полученных в результате проведения хронометража. Исследованиями установлено, что монтаж временных элементов усиления в виде угловой стали по сравнению с применением специальных разгружающих устройств позволяет снизить трудозатраты на 15 %, а значит такая технология усиления позволит обеспечить быстрое возобновление производственного цикла.

В статье затронуты лишь некоторые проблемы, связанные с рассматриваемой темой. В дальнейших исследованиях основное внимание должно быть уделено влиянию стесненных условий производства работ на нормирование процессов усиления строительных конструкций в условиях реконструкции действующих промышленных предприятий.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бельский, М. Р. Усиление металлических конструкций под нагрузкой [Текст] / М. Р. Бельский. – К. : Будівельник, 1975. – 120 с.
2. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих та огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд [Текст]. – Введено вперше ; чинні з 01.07.2003 р. – К. : Укрархбудінформ, 2003. – 82 с.
3. ДБН Д.1.1-4-2000. Указания по применению ресурсных элементных сметных норм на ремонтно-строительные работы (РЭСНР) [Текст]. – Взамен ВСН-97 ; введены в действие с 1 октября 2000 года. – К. : ИСС «Архив», 2000. – 12 с.
4. Методичні рекомендації з проектування та перегляду норм часу на будівельно-монтажні роботи [Текст] / Держбуд України. – Офіц. вид. – К. : Укрархбудінформ, 2004. – 40 с.
5. Организационно-технологические решения по усилению стальных конструкций в условиях реконструкции промышленных предприятий [Текст] / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1988. – 92 с.
6. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81\*) / УкрНИИпроектстальконструкция. – М. : Стройиздат, 1989. – 159 с.

Получено 25.10.2013

Н. М. ШЕВЦОВА <sup>a</sup>, Д. О. ХОХРЯКОВА <sup>a</sup>, О. О. ПАСТЕРНАК <sup>b</sup>  
НОРМУВАННЯ ПІДСИЛЕННЯ ПРОГОНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ  
ТРАНСПОРТЕРНИХ ГАЛЕРЕЙ ШЛЯХОМ ЗАМІНИ ЕЛЕМЕНТІВ ГРАТ  
ФЕРМ

<sup>a</sup> Донбаська національна академія будівництва і архітектури, <sup>b</sup> ПАТ «АКХЗ»

Здійснення технічного переозброєння і реконструкції виробничих об'єктів має ряд переваг в порівнянні з новим будівництвом. Проте номенклатура існуючих норм і розцінок по посиленню будівельних конструкцій в умовах реконструкції підприємств, що діють, недостатня і не дозволяє компенсувати витрати, які несуть будівельні організації. У даній статті автори розглядають питання посилення ферм транспортних галерей коксохімічних підприємств шляхом заміни елементів ґрат. У проведених дослідженнях розглядалися два способи виключення з роботи замінюваних елементів ферм: установка стискальних (розтягувальних) пристосувань на розтягнуті (стислі) елементи ґрат і тимчасове підсилення стійок і розкосів елементами аналогічного перерізу. Методом технічного нормування процесу заміни ґрат ферм був хронометраж. Аналіз результатів досліджень показав, що питомі трудовитрати, визначені кошторисним розрахунком, на 20 % нижче від отриманих в результаті проведення хронометражу. Встановлено, що монтаж тимчасових елементів посилення у вигляді кутової сталі в порівнянні з застосуванням спеціальних розвантажувальних пристроїв дозволяє понизити трудовитрати на 15 %.

**реконструкція, підсилення, транспортні галереї, ферми, елементи ґрат**

NATALIA SHEVTSOVA <sup>a</sup>, DARYA KHOKHRYAKOVA <sup>a</sup>,  
ALEXANDER PASTERNAK <sup>b</sup>  
RATIONING GAIN OF SPANS CONVEYOR GALLERIES BY REPLACING THE  
ELEMENTS OF THE LATTICE TRUSSES

<sup>a</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, <sup>b</sup> PJSC «AVDIIVKA COKE»

Implementation of the modernization and reconstruction of production facilities has a number of advantages compared to new construction. However, the range of existing standards and rates for strengthening building structures in the reconstruction of existing enterprises is insufficient and can not compensate for costs incurred by construction companies. In this paper, the authors examine issues of strengthening farm conveyor galleries coke plants by replacing the elements of the lattice. In the studies considered two ways to turn off the work of replacement of truss elements: setting the compressive (tensile) devices on the stretched (compressed) elements of the lattice, and a temporary increase of racks and bracing elements of the same section. The method of technical normalization process of replacing the lattice trusses was the timing. The studies showed that unit labor cost estimates some 20 % lower than those obtained as a result of timing. Found that the installation of temporary elements in the form of gain versus angle steel with special discharging device can reduce labor costs by 15 %.

**reconstruction, strengthening, conveyor galleries, farms, lattice elements**

**Шевцова Наталя Миколаївна** – асистент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: підсилення металевих конструкцій в умовах реконструкції промислових підприємств; технологічне оснащення при підсиленні та заміні будівельних конструкцій.

**Хохрякова Дар'я Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних будівель і споруд.

**Пастернак Олександр Олександрович** – головний інженер ПАТ «АКХЗ». Наукові інтереси: реконструкція промислових підприємств.

**Шевцова Наталья Николаевна** – ассистент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: усиление металлических конструкций в условиях реконструкции промышленных предприятий, технологическая оснастка при усилении и замене строительных конструкций.

**Хохрякова Дарья Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: реконструкция промышленных и гражданских зданий и сооружений.

**Пастернак Александр Александрович** – главный инженер ПАО «АКХЗ». Научные интересы: реконструкция промышленных предприятий.

**Shevtsova Natalia** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: strengthening of metal designs in the conditions of reconstruction of the industrial enterprises, industrial equipment at strengthening and replacement of building designs.

**Khokhryakova Darya** – PhD (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings.

**Pasternak Alexander** – chief engineer PJSC «AVDIIVKA COKE». Scientific interests: reconstruction of the industrial enterprises.

УДК 691.8:620.22

**В. В. ТАРАН, А. В. ЯНКОВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

В статье приведены общие сведения о применении композитных материалов, более детально рассмотрены углепластиковая арматура и ткань. Даны общие указания по внешнему армированию строительных конструкций. Приведены основные физические и механические свойства композитной арматуры. Выполнен анализ области применения и технологических особенностей монтажа композитной арматуры. Рассмотрены положительные и отрицательные качества данного материала. Приведено сравнение композитной арматуры со стальной, а также примеры применения такой арматуры в различных странах мира. Установлено, что применение композитной арматуры является экономически эффективным в отдельных видах конструкций.

**углепластик, монтаж, диэлектрик, арматура, усиление, композитные материалы, ткань**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Невозможно представить строительство любого объекта без применения арматурного проката, стальных закладных деталей и т. п. При проектировании и возведении жилых, общественных и промышленных зданий рассматриваются вопросы повышения эффективности конструктивно-технологических решений путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции. Композитная арматура является альтернативным предложением применения стальному прокату. Применяется в промышленном и гражданском, малоэтажном и коттеджном строительстве, в бетонных конструкциях, для слоистой кладки стен с гибкими связями, для ремонта поверхностей железобетонных и кирпичных конструкций, а также при работах в зимнее время, когда в кладочный раствор вводятся ускорители твердения и противоморозные добавки, вызывающие коррозию стальной арматуры.

**Целью** настоящей работы является ознакомление с инновационными конструктивными и организационно-технологическими особенностями применения неметаллической арматуры при возведении зданий и сооружений.

### **ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Неметаллическая арматура – это стержни, выполненные из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон с выполненными на поверхности поперечными или спиральными ребрами, пропитанных термореактивным или термопластичным полимерным связующим и отверждённых. Арматуру, изготовленную из стеклянных волокон, принято называть стеклопластиковой (АСП) (рис. 1), из базальтовых волокон – базальтопластиковой (АБП), из углеродных волокон – углепластиковой.

*Композитная арматура* (рис. 2) является значимой альтернативой арматуре из металла, как обладающая сочетанием высокой прочности и коррозионной стойкости. Материал не обладает способностью намагничиваться, что делает возможным применение материала в местах работы специального оборудования, например в больницах, промышленных предприятиях и др. Композитная арматура также применяется в виде гибких связей для трёхслойных кирпичных и других штучных материалов, монолитных железобетонных стен с кирпичной облицовкой.



Рисунок 1 – Фото стеклопластиковой арматуры.

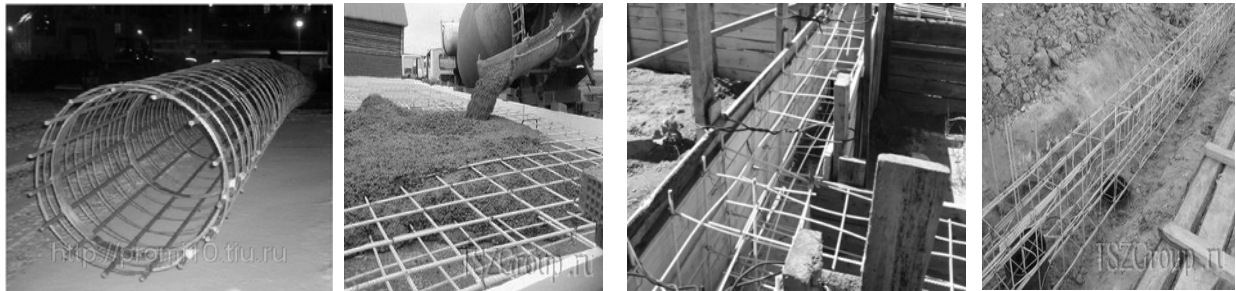


Рисунок 2 – Применение композитной арматуры в строительстве.

Несмотря на перечисленные достоинства, *композитная арматура* имеет и недостатки: низкий модуль упругости – примерно в 3–4 раза ниже, чем у стальной (для базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры), что влечет большие деформации (прогибы) нагруженных армированных изделий типа балок, плит, фундаментов (изготовленных без предварительного напряжения арматуры); является диэлектриком, поэтому прогрев кладки в зимних условиях невозможен; является несвариваемым материалом, сетки и каркасы из такой арматуры выполняются только вязкой. Огнестойкость материала крайне мала, порядка 70 °С. Что делает необходимым обустройство специальных огнезащитных конструкций или же покрытий.

Использование неметаллической арматуры в сочетании со специальными бетонами (полимерным, полимерсиликатным) повышает эффективность её применения [6].

В нашей стране существует несколько заводов, производящих изделия из данного материала (Днепропетровск, Харьков и др.). Основной продукцией является углепластиковая арматура. Хотелось бы также отметить, что из данного материала производят и водоприемные колодцы, ливневые канализации, дренажные системы.

Первые исследования по созданию сверхпрочной неметаллической полимерной арматуры были начаты еще в СССР в 60-х годах XX века. Тогда для улучшения сцепления с бетоном на стержни по спирали навивалась с усилием стеклянная нить для создания рельефной (ребристой) поверхности [6].

В 1976 г. построены два подвижных склада в районах гг. Рогачев и Червень (республика Беларусь). Несущие наклонные элементы верхнего пояса арок армированы четырьмя предварительно напряжёнными стеклопластиковыми стержнями диаметром 6 мм. Стержни расположены в двух пазах сечением 10×18 мм, выбранных в нижней пластине элементов. Приопорные участки элементов (в коньковом и опорных узлах) усилены деревянными накладками из досок толщиной 20 мм.

Экономия древесины в несущих армированных элементах составила 22 %, на 9 % была снижена стоимость, масса конструкций уменьшена на 20 %. Стоимость сооружения по сравнению с существующими типовыми решениями складов такой же емкости снизилась в 1,7 раза [6].

По длине возможно соединение арматуры при помощи муфт. Благодаря химической стойкости такую арматуру возможно применять при бетонировании с использованием химических добавок, а также для армирования несущих конструкций на производствах с агрессивной средой. Длина стержня достигает до 12 м.

Следует отметить некоторые выводы, взятые из исследований члена Академии Строительства Украины Ю. А. Климова, который проводил испытания двух аналогичных балок, одна из которых была армирована стальной арматурой, другая же композитной [1]. Результаты его исследований показали, что при соответствующем технико-экономическом обосновании, композитная базальтовая арматура



может применяться для армирования бетонных конструкций. Несущая способность балок с одиночной композитной базальтопластиковой арматурой соответствует несущей способности балок со стальной арматурой. Несущая способность балок с двойным армированием композитной базальтовой арматурой ниже несущей способности балок со стальной арматурой, ввиду меньшего значения сопротивления композитной арматуры на сжатие. Закономерности сопротивления бетонных элементов, армированных композитной базальтовой арматурой, а именно характер трещинообразования, деформирования и разрушения, соответствуют аналогичным закономерностям для элементов, армированных стальной арматурой.

Однако, несмотря на это, автор исследований не рекомендует использовать строительные нормы по армированию стальной арматурой [3], для расчета армирования композитной арматурой, так как материал имеет разные физико-механические свойства.

В западных странах также велись разработки по изучению и применению неметаллической арматуры при возведении зданий.

В США ответственной за разработку строительной арматуры из композитных материалов была корпорация Marshall-Vega Inc. В 80–90 годы неметаллическая композитная арматура использовалась в основном в следующих отраслях [2]:

- при строительстве мостов (мост в г. Поттер Каунти и г. Беттендорф);
- при строительстве портовых сооружений;
- при возведении медицинских центров, в которых предполагается использование оборудования для магнитной резонансной томографии (Национальный институт здравоохранения г. Бетесда, здание клиники Майо в г. Рочестер и т. д.).

Практическое применение стеклопластиковой арматуры в Южной Америке сводится к строительству здания винного завода в Британской Колумбии (1998 год) [2].

В Канаде арматура из композитных материалов использовалась для строительства нескольких демонстрационных проектов автодорожных мостов. Во второй половине 90-х годов здесь были сданы в эксплуатацию 4 автодорожных моста, при возведении которых была использована композитная арматура (мост в г. Манитобе, мост через реку Сен-Франсуа и т. д.) [2]. На сегодняшний день Канада занимает лидирующие позиции по применению арматуры из FRP при строительстве мостового настила.



Рисунок 3 – Применение стеклопластиковой арматуры в дорожном покрытии.

В 2003 г. в Англии, г. Лондон, был проложен железнодорожный тоннель под р. Темзой с применением буровой туннелепроходческой машины (БТМ). Стеклопластиковая арматура легко собирается при проходе БТМ и не тупит ножи, в отличие от стальной арматуры.

Интерес и необходимость в новых более прочных и стойких материалах привели ученых к такому материалу как *углепластик*. Этот материал обладает отличной химической стойкостью (для агрессивных сред), водонепроницаем, имеет отличные прочностные характеристики.

Благодаря этому, сфер применения данного материала очень много, авиастроение, машиностроение, строительная индустрия.

*Углепластиковая ткань* обладает хорошей гибкостью при сравнительно высокой прочности, что позволяет использовать такой материал для внешнего армирования конструкций. Такой метод хорош при сложной конфигурации сооружения, необходимости местного усиления конструкции. Особенностью данного усиления является простота монтажа. Все что необходимо для усиления конструкции – измерить форму необходимого места усиления, сделать разметку на углепластиковой ткани, вырезать ножницами, подготовить поверхность места усиления, нанести клеящий раствор на ткань и место усиления и непосредственно наклеить ткань на место усиления (рис. 4).



Рисунок 4 – Применение углепластиковой ткани в строительстве.

В Швейцарии в 2009–2010 гг. стеклопластиковая арматура применялась в дорожном покрытии взлетной полосы аэропорта в г. Цюрихе (рис. 3). Применение данного композитного материала обеспечивает защиту от электромагнитных наводок.

Усиление возможно максимум на 4 мм, с контролем оклейки производителем. Разглаживание материала производится валиком либо же специальными автоматическими инструментами. Помимо хорошей стойкости к агрессивным средам, высокой прочности и простоты монтажа, существуют и минусы: низкий модуль упругости в сравнении со сталью, что не позволяет ему воспринимать динамические нагрузки; низкая огнестойкость, порядка 70 °С, при такой температуре материал начинает терять свои прочностные характеристики.

Сравнительные характеристики по основным показателям стальной арматуры А400С и композитной приведены в таблице.

Таблица – Сравнительные показатели арматуры А400С и АКС

Материал	Сталь	Стеклорвинг, связанный полимером на основе эпоксидной смолы
Предел прочности при растяжении, МПа	390	1000
Модуль упругости, МПа	200 000	55 000
Относительное удлинение, %	25	2,2
Долговечность	В соответствии со строительными нормами	Прогнозируемая долговечность не менее 80 лет
Замена арматуры по физико-механическим свойствам	6 А400С 8 А400С 10 А400С 12 А400С 14 А400С	4 АКС 6 АКС 7 АКС 8 АКС 10 АКС
Вес, кг (при равнопрочностной замене)	6 А400С – 0,222 8 А400С – 0,395 10 А400С – 0,617 12 А400С – 0,888	4 АКС – 0,02 6 АКС – 0,05 7 АКС – 0,07 8 АКС – 0,08

## ВЫВОДЫ

Перспективы для применения композитного материала очень широки, к сожалению, недостаток производства, незнание являются ключевыми факторами в освоении материала, который уже давно использует весь мир:

1. Композитная арматура имеет ряд преимуществ перед стальной – лёгкость, химическая стойкость, диэлектрик, магнитоэнергетна, не подвержена коррозии.

2. Недостатком является малая огнестойкость, значительно меньшая прочность при сжатии, невозможность сварки.

3. Эффективность применения такой арматуры требует соответствующего экономического обоснования.

4. Слабо развитое производство такой арматуры не позволяет применять её для промышленного, повсеместного применения.

5. Малое количество испытаний в соответствии Украинским нормам не позволяет с полной уверенностью применять данную арматуру, несмотря на очевидные положительные стороны материала.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Климов, Ю. А. Современная композитная базальтовая арматура для армирования бетонных конструкций [Текст] / Ю. А. Климов // Технологии бетонов. – 2010. – № 11/12. – С. 56–57.
2. ACI 440.1R-06. Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars [Текст] : Reported by ACI Committee 440. – Supersedes ACI 440.1R-03 ; became effective February 10, 2006. – [S. l.] : American Concrete Institute, 2006. – 44 p.
3. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]. – На заміну СНіП 2.03.01-84\* ; чинні від 2011-06-01. – К. : Мінінформація, 2011. – 71 с.
4. Климов, Ю. А. Экспериментальные исследования сцепления композитной неметаллической арматуры с бетоном [Электронный ресурс] / А. Ю. Климов, О. С. Солдатченко, Д. А. Орешкин // Композитная арматура. – 2010. – Режим доступа : [http://www.frp-rebar.com/frp-rebar\\_test\\_adhesion\\_concrete.html](http://www.frp-rebar.com/frp-rebar_test_adhesion_concrete.html).
5. Сцепление полимер композитной арматуры с цементным бетоном [Текст] / В. Г. Хозин, А. А. Пискунов, А. Р. Гизда-туллин, А. Н. Куклин // Известия КГАСУ. – 2013. – № 1(23). – С. 214–220.
6. Фролов, Н. П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции [Текст] / Н. П. Фролов. – М. : Стройиздат, 1980. – 104 с.

Получено 21.10.2013

В. В. ТАРАН, О. В. ЯНКОВ

### ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ ПРИ ЗВЕДЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДИНКІВ ТА СПОРУД Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті наведено загальні положення щодо застосування композитних матеріалів, більш детально розглянуто вуглепластикову арматуру та тканину. Наведено загальні вказівки щодо зовнішнього армування будівельних конструкцій. Наведені основні фізичні і механічні властивості композитної арматури. Виконано аналіз сфери застосування та технологічних особливостей монтажу композитної арматури. Розглянуто переваги та недоліки цього матеріалу. Наведено порівняння композитної арматури зі сталевую, а також приклади застосування такої арматури у різних країнах світу. Встановлено, що застосування композитної арматури є економічно ефективним в окремих видах конструкцій.

**вуглепластик, монтаж, діелектрик, арматура, підсилення, композитні матеріали, тканина**

VALENTINA TARAN, ALEX YANKOV

### FEATURES OF APPLICATION OF COMPOSITE REINFORCEMENT IN CONSTRUCTION OF BUILDING STRUCTURES Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article provides an overview of the use of composite materials, more in-depth look carbon trailing fittings and fabric. The general guidance on external reinforcement of building structures have been given. The main physical and mechanical properties of the composite reinforcement have been given. The analysis of the scope and technological peculiarities of composite mounting fittings has been carried out. The positive and negative qualities of the material have been considered. The comparison of composite reinforcement with steel, as well as examples of such fixtures in the different countries of the world has been given. It is established that the application of the composite reinforcement is cost effective in certain types of constructions.

**carbon fiber, installation, dielectric, fittings, reinforcement, composite materials, fabric**

**Таран Валентина Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних каркасних цивільних будівель, шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

**Янков Олексій Валерійович** – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: композитні матеріали, легкі сталеві тонкостінні конструкції.

**Таран Валентина Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении монолитных каркасных гражданских зданий, путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

**Янков Алексей Валерьевич** – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: композитные материалы, лёгкие тонкостенные металлические конструкции.

**Taran Valentina** – PhD (Eng.), assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the effectiveness of the constructive-technological solutions at erection of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

**Yankov Alex** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fiber-reinforced plastic rebar, FRP, lightweight thin-walled steel structures.

УДК 667.9.015.42

**И. С. СВИЩ, Е. В. НОСАТОВА**

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОЧНОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО БЕТОНА, ОТФОРМОВАННОГО ПО ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ**

В статье рассматривается определение влияния режимов ТВО (температура и время изотермического прогрева) на прочность, плотность и высолообразование бетона, отформованного по технологии вибропрессования. Для регулирования сроков схватывания в шлак при помоле добавлялась добавка белого нумуллитового известняка и известняка ракушечника Первомайского карьера в количестве 30 % от требуемой массы тонкомолотого доменного гранулированного шлака. Для определения влияния режимов тепло-влажностной обработки (ТВО) в первом приближении выполнялся полный факторный эксперимент при числе факторов, равном двум.

**жидкое стекло, доменный гранулированный шлак, шлакощелочное вяжущее, вещество, режим ТВО, уравнение регрессии, тонкость помола, плотность бетона, прочность**

**Целью данной работы** является оценка влияния режимов тепловлажностной обработки (ТВО) на прочность, плотность и эстетические показатели шлакощелочного бетона, отформованного по технологии вибропрессования.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение влияния режимов ТВО на прочность ШЩБ после ТВО, в 28 суточном возрасте естественного твердения в воздуховлажностной среде и в воде;
- определение влияния режимов ТВО на плотность ШЩБ;
- определение влияния режимов ТВО на эстетические показатели изделий из ШЩБ.

В качестве основного состава бетона выбран оптимальный состав по результатам проведения оценочного ряда матриц, в которых исследовались зависимости прочности на сжатие, после тепловлажностной обработки по режиму (2,0 + 3,5 + 4,5), при температуре изотермического прогрева  $T = 70^\circ\text{C}$ , плотности бетона и однородности поверхности при варьировании таких факторов, как количество щебня и шлака, % содержание добавки в шлаке.

Основной состав в натуральных величинах имеет вид: Щ = 850 кг/м<sup>3</sup>; П = 771 кг/м<sup>3</sup>; Ш = 513 кг/м<sup>3</sup>; раствор жидкого стекла  $J_{\text{ст}} = 231$  л, плотность жидкого стекла  $\rho_{\text{ж.ст.}} = 1,15$  г/см<sup>3</sup>.

В исследованиях оценивалось влияние режимов ТВО (температура и время изотермического прогрева) на прочность, плотность и высолообразование бетона, отформованного по технологии вибропрессования. Для регулирования сроков схватывания в шлак при помоле добавлялась добавка белого нумуллитового известняка и известняка ракушечника Первомайского карьера в количестве 30 % от требуемой массы тонкомолотого доменного гранулированного шлака.

Для определения влияния режимов тепловлажностной обработки (ТВО) в первом приближении выполнялся полный факторный эксперимент при числе факторов, равном двум. Для статистической обработки результатов эксперимента все опыты дублировались. Данные режимов ТВО представлены в таблице 1.

Показатели уровней и значения факторов матрицы представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Режимы тепловлажностной обработки

№ п/п	T, °C	Предварительная выдержка, ч	Подъем температуры, ч	Изотермическая выдержка $t_{изот}$ , ч	Охлаждение, ч	Общее время, ч
	1	2	3	4	5	6
1	60	2	2	2	2	8
2	80	2	3	2	3	10
3	60	2	2	6	2	12
4	80	2	3	6	3	14

Таблица 2 – Матрица двухфакторного эксперимента

№ п/п	Уровни		Натуральные значения факторов	
	$X_1$	$X_2$	T, °C	$t_{изот}$ , ч
	1	2	3	4
1	-1	-1	60	2
2	1	-1	80	2
3	-1	1	60	6
4	1	1	80	6

Сравнительные характеристики по плотности бетона образцов с добавкой белого известняка и добавкой известняка ракушечника представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Сравнительная таблица плотности образцов с добавкой белого известняка

№ п/п	Плотность образцов в зависимости от условий твердения, г/см <sup>3</sup>		
	ТВО	в возрасте 28 суток естественного твердения в воздушной среде	в возрасте 28 суток естественного твердения в воде
1	2,225	2,126	2,193
2	2,211	2,184	2,176
3	2,235	2,157	2,170
4	2,199	2,182	2,228
<b>Средние</b>	<b>2,218</b>	<b>2,162</b>	<b>2,192</b>

Таблица 4 – Сравнительная таблица плотности образцов с добавкой известняка ракушечника

№ п/п	Плотность образцов в зависимости от условий формирования, г/см <sup>3</sup>		
	после ТВО	в возрасте 28 суток естественного твердения в воздушной среде	в возрасте 28 суток естественного твердения в воде
1	2,215	2,154	2,181
2	2,204	2,184	2,172
3	2,218	2,165	2,193
4	2,193	2,171	2,239
<b>Средние</b>	<b>2,208</b>	<b>2,169</b>	<b>2,196</b>

Сравнительные характеристики по прочности бетона образцов с добавкой белого известняка и добавкой известняка ракушечника показаны соответственно в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Сравнительная таблица прочности образцов с добавкой белого известняка

№ п/п	Средняя прочность образцов		
	после ТВО	в возрасте 28 суток естественного твердения в воздушной среде	в возрасте 28 суток естественного твердения в воде
	МПа	МПа	МПа
1	5,26	15,67	18,76
2	15,86	26,42	19,07
3	11,83	21,24	20,88
4	20,24	26,59	21,34

**Таблица 6** – Сравнительная таблица прочности образцов с добавкой известняка ракушечника

№ п/п	Средняя прочность образцов		
	после ТВО	в возрасте 28 суток на воздухе	в возрасте 28 суток в воде
	МПа	МПа	МПа
1	5,11	19,27	17,50
2	18,71	25,04	21,43
3	14,84	24,23	24,60
4	20,91	26,17	25,57

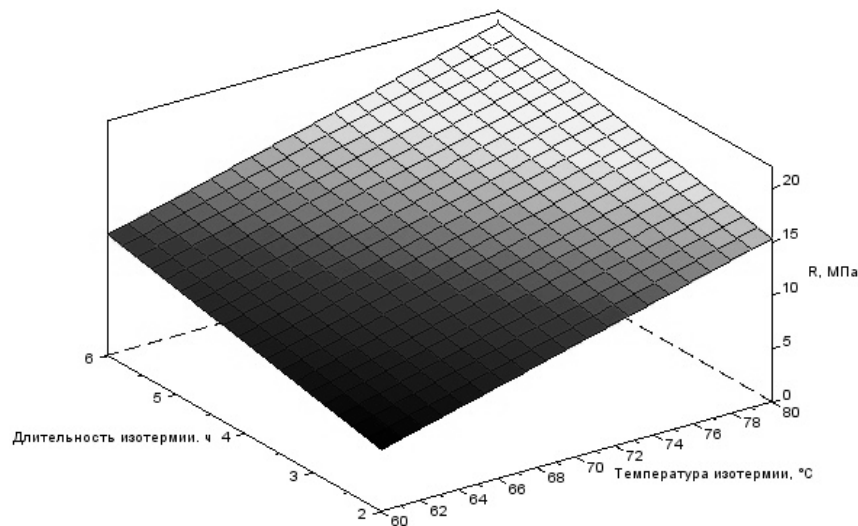
Математическую обработку результатов эксперимента выполняли при помощи пакета Scilab 5.4 используя [1–6]. Методами линейной алгебры рассчитывали коэффициенты регрессионного уравнения. Уравнения регрессии для полного факторного эксперимента с добавкой белого известняка по прочности после ТВО и в возрасте 28 суток представлены ниже.

Для прочности после ТВО получено уравнение регрессии:

$$R_{\text{ТВО}} = 13,3 + 4,75 \cdot X_1 + 2,74 \cdot X_2. \quad (1)$$

В принятом диапазоне значений факторов эксперимента температура изотермического прогрева существенно влияет на прочность после ТВО, нежели время изотермического прогрева.

График зависимости прочности бетона на сжатие после ТВО показан на рис. 1.

**Рисунок 1** – Зависимость прочности на сжатие (МПа) после ТВО от температуры и времени изотермического прогрева.

Для прочности бетона в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, получено уравнение регрессии:

$$R_{\text{28воз}} = 22,48 + 4,02 \cdot X_1 + 1,43 \cdot X_2. \quad (2)$$

В принятом диапазоне значений факторов эксперимента температура изотермического прогрева существенно влияет на прочность после ТВО в возрасте 28 суток, нежели время изотермического прогрева.

График зависимости прочности бетона на сжатие после ТВО в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, показан на рис. 2.

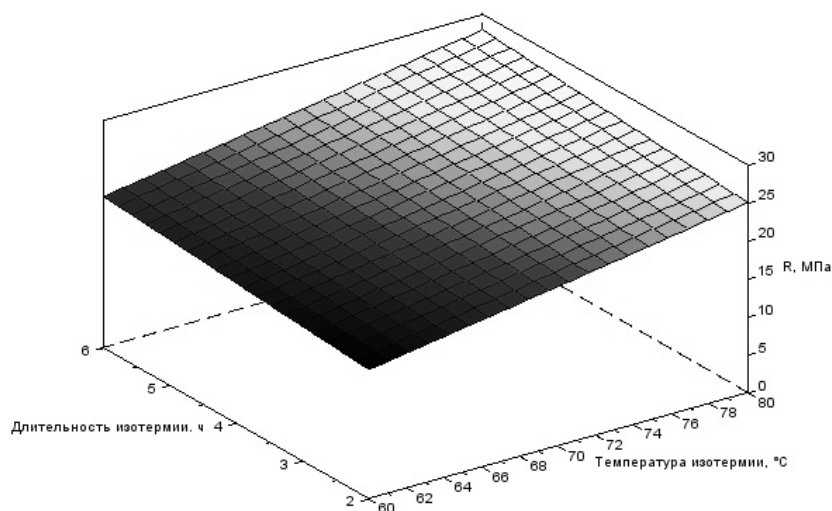
Уравнения регрессии для полного факторного эксперимента с добавкой известняка ракушечника по прочности после ТВО и в возрасте 28 суток показаны ниже.

Для прочности после ТВО получено уравнение регрессии:

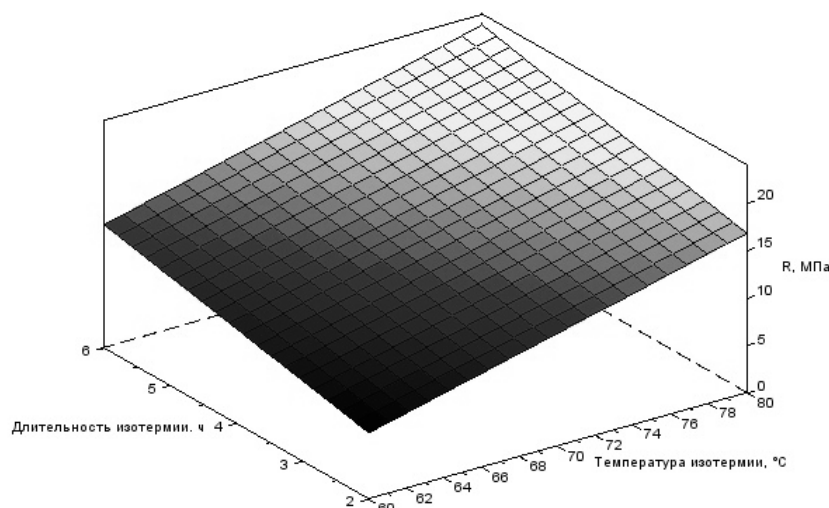
$$R_{\text{ТВО}} = 14,89 + 4,92 \cdot X_1 + 2,98 \cdot X_2. \quad (3)$$

В принятом диапазоне значений факторов эксперимента температура изотермического прогрева существенно влияет на прочность после ТВО, нежели время изотермического прогрева.

График зависимости прочности бетона на сжатие после ТВО показан на рис. 3.



**Рисунок 2** – Зависимость прочности бетона на сжатие (МПа) после ТВО в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, от температуры и времени изотермического прогрева.



**Рисунок 3** – Зависимость прочности бетона на сжатие (МПа) после ТВО от температуры и времени изотермического прогрева.

Для прочности бетона в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, получено уравнение регрессии:

$$R_{28\text{воз}} = 23,68 + 1,93 \cdot X_1 + 1,52 \cdot X_2. \quad (4)$$

В принятом диапазоне значений факторов эксперимента температура изотермического прогрева одинаково влияет на прочность после ТВО, как и время изотермического прогрева.

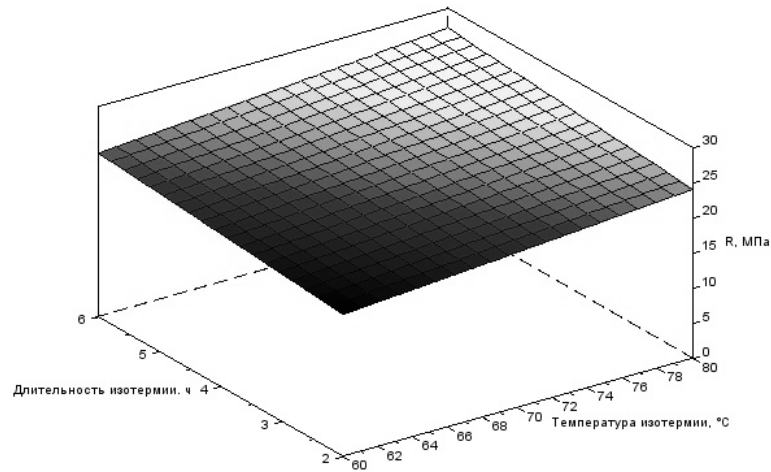
График зависимости прочности бетона на сжатие после ТВО в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе, показан на рис. 4.

## ВЫВОДЫ

1. Повышение температуры изотермического прогрева приводит к повышению прочности образцов бетона, т. е. наблюдается прямо пропорциональная зависимость увеличения прочности от температуры.

2. Мягкий термосный режим тепловлажностного остывания образцов положительно влияет на процессы полного взаимодействия щелочной среды и минералов шлака без выделения излишков щелочи на поверхности изделий из шлакощелочного бетона.





**Рисунок 4** – Зависимость прочности бетона на сжатие (МПа) после ТВО в возрасте 28 суток, твердеющего на воздухе от температуры и времени изотермического прогрева.

3. Тепловлажностная обработка шлакощелочного бетона без «термосного эффекта» значительно снижает их прочность и выделение излишков щелочи на поверхности бетона.

4. Образцы кубов из ШЩБ после ТВО при температуре изотермической выдержки  $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$  показали наибольшую прочность в возрасте 28 суток при твердении в воздушных условиях.

5. После ТВО с применением «термосного эффекта» эстетическое качество поверхности образцов из ШЩБ значительно улучшается.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глуховський, В. Д. Грунтосікатні вироби і конструкції [Текст] / В. Д. Глуховський. – К. : Будівельник, 1967. – 158 с.
2. Производство бетонов и конструкций на основе ШЩВ [Текст] / Под редакцией В. Д. Глуховского. – К. : Будівельник, 1988. – 144 с.
3. Глуховский, В. Д. Грунтосиликаты [Текст] / В. Д. Глуховский. – Киев : Госстройиздат, 1959. – 128 с.
4. Кривенко, П. В. Долговечность шлакощелочного бетона [Текст] / П. В. Кривенко, Е. К. Пушкарева. – К. : Будівельник, 1993. – 224 с.
5. Состав, структура и свойства цементных бетонов [Текст] / Под редакцией Г. И. Горчакова. – М. : Стройиздат, 1976. – 144 с.
6. ДСТУ Б В 2.7-188:2009. Цементы. Методы определения тонкости помола [Текст]. – Взамен ГОСТ 310.2-76 ; введ. 01.08.2010. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2010. – 10 с.
7. ДСТУ Б В 2.7-187:2009. Строительные материалы. Цементы. Методы определения прочности на изгиб и сжатие [Текст]. – Взамен ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 310.4-81\* зі змінами № 1 та № 2 ; введ. 01.08.2010. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2010. – 10 с.
8. ДСТУ Б В 2.7-214:2009. Строительные материалы. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам [Текст]. – Взамен ГОСТ 10180-90 ; введ. 01.09.2010. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2010. – 43 с.
9. ДСТУ Б В 2.7-185:2009. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерного изменения объема [Текст]. – Взамен ГОСТ 310.3-76 ; введ. 2010.08.01. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2010. – 13 с.
10. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст] : Учеб. пособие для вузов / Е. Н. Львовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1988. – 239 с.
11. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников [Текст] / А. И. Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с. – ISBN 5-9221-0707-0.
12. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
13. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики [Текст] / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.
14. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А. А. Спиридонов. – М. : Машиностроение, 1981. – 184 с.
15. Алексеев, Е. Р. Scilab: Решение инженерных и математических задач [Текст] / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е. А. Рудченко. – М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 260 с. – (Библиотека ALT Linux).

16. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны [Текст] / под общей редакцией В. Д. Глуховского. – К. : Вища школа, 1979. – 231 с.

Получено 25.10.2013

І. С. СВИЩ, Є. В. НОСАТОВА

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ТЕПЛОВЛОГІСНОГО ОБРОБЛЕННЯ  
НА МІЦНІСТЬ, ЩІЛЬНІСТЬ І ЕСТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОБІВ ЗІ  
ШЛАКОЛУЖНОГО БЕТОНУ, ВІДФОРМОВАНОГО ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ  
ВІБРОПРЕСУВАННЯ**

Національна академія природоохоронного і курортного будівництва

У статті розглядається визначення впливу режимів ТВО (температура і час ізотермічного прогріву) на міцність, щільність і висолоутворення бетону, відформованого за технологією вібропресування. Для регулювання термінів схоплювання в шлак при помелі додавалася добавка білого нумулітового вапняку і вапняку черепашнику Першотравневого кар'єру в кількості 30 % від необхідної маси тонкомолотого доменного гранульованого шлаку. Для визначення впливу режимів тепловлогості оброблення (ТВО) у першому наближенні виконувався повний факторний експеримент при числі факторів, що дорівнює двом.

**рідке скло, доменний гранульований шлак, шлаколувне в'язуче, речовина, режим ТВО, рівняння регресії, тонкість помелу, щільність бетону, міцність**

IGOR SWISH, ELENA NOSATOVA

**DETERMINATION OF THE EFFECT OF THE WARM-HUMID TREATMENT ON  
STRENGTH, DENSITY AND AESTHETIC APPEAL OF PRODUCTS FROM SLAG-  
ALKALINE CONCRETE MOLDED TECHNOLOGY VIBROCOMPRESSION**

National Academy of Environmental Protection and Resort Development

We can view in the article the determination of the influence of the condition TT (temperature and time of the isothermal heat) on the ruggedness, the body and high formation of the concrete that was molded under the technology of vibrocompression. For the regulation of the term of seizure, the addition of white nummular limestone and the limestone shell rock from the Pervomaysky open cut mine were added in the quantity of 30 % from the required mass of milled domain grained slag. For the determination of the influence of the conditions warm and humid manipulation in the first approximation it was carried out the full factorial experiment in 2 factors.

**alkali silicate, blast-furnace grained slag, slag alkali cement, water absorption, coefficient of softening, fineness of milling, body of solution, strength**

**Свищ Ігор Станіславович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій і будівельних матеріалів Національної академії природоохоронного і курортного будівництва. Наукові інтереси: розробка складів та дослідження складів шлаколужних бетонів на основі відходів виробництва. Дослідження в галузі використання домішок для бетонів.

**Носатова Олена Віталіївна** – аспірант кафедри технології будівельних конструкцій і будівельних матеріалів Національної академії природоохоронного і курортного будівництва. Наукові інтереси: розробка складів та дослідження складів шлаколужних бетонів на основі відходів виробництва. Дослідження в галузі використання домішок для бетонів.

**Свищ Игорь Станиславович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных конструкций и строительных материалов Национальной академии природоохранного и курортного строительства. Научные интересы: разработка и исследование составов шлакощелочных бетонов на основе отходов производства. Исследования в области использования добавок для бетонов.

**Носатова Елена Витальевна** – аспирант кафедры технологии строительных конструкций и строительных материалов Национальной академии природоохранного и курортного строительства. Научные интересы: разработка и исследование составов шлакощелочных бетонов на основе отходов производства. Исследования в области использования добавок для бетонов.

**Swish Igor** – PhD (Eng.), associate professor, Department of the Technologies of Building Designs and Building Materials, National Academy of Environmental Protection and Resort Development. Scientific interests: development and research of alkaline slag concrete based waste. Studies on the application of additives for concrete.

**Nosatova Elena** – post-graduate, Department of the Technologies of Building Designs and Building Materials, National Academy of Environmental Protection and Resort Development. Scientific interests: development and research of alkaline slag concrete based waste. Studies on the application of additives for concrete.

УДК 624.011;725.4

**В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, В. Ф. КИРИЧЕНКО, Э. П. БРЫЖАТЫЙ, А. Ю. ИВАНОВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Важнейшей задачей при проектировании различных строительных объектов является выбор оптимального метода технико-экономической оценки и обоснования областей и форм эффективного применения строительных конструкций из различных материалов. При этом необходимо выбрать основной критерий и модель для установления приведенных затрат с учетом влияния основных критериев. В статье рассмотрены экономические основы определения эффективности строительных конструкций.

**эффективность, приведенные капитальные вложения, рентабельность, себестоимость**

Известно, что в практике проектирования и строительства вид конструкций или конструктивных решений выбирают на основании результатов сопоставления таких показателей, как расход материалов в конструкции, масса конструкций, трудоемкость и продолжительность возведения, степень сборности, число типоразмеров конструкций, показатель рентабельности строительной организации. Минимум или максимум этих показателей не может в общем служить критерием, характеризующим эффективность применения тех или иных конструкций.

В качестве решающего показателя, характеризующего экономическую эффективность конструкций, должен приниматься показатель приведенных затрат. Вариант, для которого приведенные затраты минимальны, является и экономически наиболее эффективным.

Ниже приведены методы определения приведенных затрат для нескольких характерных случаев.

*Первый случай.* Оцениваются варианты конструктивных решений или отдельных конструкций. Предстоит выбрать наиболее эффективные из них для строительства конкретного объекта. Продолжительность строительства зданий и сооружений по вариантам отличается несущественно. Стоимость конструкций в деле определяется на основе прейскурантных цен на конструкции, изделия, полуфабрикаты и материалы с учетом плановых накоплений в строительстве.

Для этого случая приведенные затраты (в грн.) могут быть представлены в виде:

$$П = С + ПЭ, \quad (1)$$

где  $С$  – стоимость конструкций в деле, грн.,

$ПЭ$  – составляющая приведенных затрат, зависящая от эксплуатационных расходов, грн.

*Второй случай.* Оцениваются варианты конструктивных решений с существенно отличающейся продолжительностью строительства объектов. При этом себестоимость конструкций в деле по вариантам определяется на основе прейскурантных цен на конструкции, полуфабрикаты и материалы.

Приведенные затраты могут быть представлены в виде:

а) при равных сроках ввода объектов в действие, т. е. когда при заданных сроках ввода объектов в действие возможно осуществить вариант с большей продолжительностью возведения зданий и сооружений

$$П = AC^1 + П_K + ПЭ, \quad (2)$$

б) при однакових строках початку будівництва будівель або споруд і різних строках введення об'єктів в дію

$$\Pi = AC^1 + \Pi_K + \Pi_{\Sigma} - \Pi_{\Pi} \quad (3)$$

В цих формулах:

$C^1$  – собівартість конструкцій в ділі;

$A$  – коефіцієнт приведення витрат на будівництво будівлі або споруди до моменту початку експлуатації об'єкта;

$\Pi_K$  – складова приведених витрат, залежна від капітальних вкладень в основні фонди і оборотні засоби будівельно-монтажної організації, що здійснює будівництво конструкцій будівель або споруд;

$\Pi_{\Pi}$  – економічний ефект від випуску додаткового обсягу продукції на досрочно введеному в строй підприємстві; при визначенні цього ефекту за зразок приймається варіант з найбільшою тривалістю будівництва.

*Третій випадок.* Допустимо, що фактична рентабельність виробництва даного виду конструкцій, виробів, напівфабрикатів і матеріалів в даній зоні будівництва суттєво відрізняється від такої, яка закладена в оптових цінах. В цьому випадку рекомендується вартість конструкцій в ділі розраховувати на основі даних про фактичну собівартість виробництва конструкцій, виробів, напівфабрикатів і матеріалів.

В використовуваних для визначення приведених витрат формули (2) і (3) рекомендується в цьому випадку додавати складову  $\Pi_K$ .

С урахуванням складової  $\Pi_K^1$  одержимо наступні формули для визначення приведених витрат:

а) при рівних строках введення об'єктів в дію

$$\Pi = AC^{\Pi} + \Pi_K^1 + \Pi_K + \Pi_{\Sigma}; \quad (2a)$$

б) при однакових строках початку будівництва об'єктів і різних строках введення їх в дію

$$\Pi = AC^{\Pi} + \Pi_K^1 + \Pi_K + \Pi_{\Sigma} - \Pi_{\Pi}. \quad (3a)$$

В цих формулах:

$C^{\Pi}$  – собівартість конструкцій в ділі, розрахована на основі даних про собівартість виробництва конструкцій, виробів, напівфабрикатів і матеріалів і собівартості будівництва конструкцій (планові накопичення в будівництві не враховуються).

При визначенні окремих складових приведених витрат всі види витрат в процесі будівництва і експлуатації конструкцій або ефектів (втрат) приводяться з допомогою коефіцієнта  $B = 1/(1 + E_{n-n})^t$  до моменту введення об'єкта в експлуатацію.

Окремі складові, що входять в формули приведених витрат, слід визначати по приведенням нижче формулам.

1. Коефіцієнт приведення витрат на будівництво будівель і споруд:

$$A = \sum_{i=1}^n C_i (1 + E_{n-n})^{t_i}, \quad (4)$$

де  $C_i$  – частка в загальній вартості робіт по будівництву будівель і споруд, виконаних в  $i$ -й період будівництва;

$t_i$  – час в роках від середини  $i$ -го періоду до моменту початку експлуатації об'єкта, рік;

$E_{n-n}$  – норматив для приведення рівномірних витрат;

$n$  – кількість періодів, на які розбивається тривалість будівництва будівлі або споруди.

2. Складова приведених витрат, залежна від експлуатаційних витрат:

$$\Pi_{\Sigma} = \frac{C_D - C_Y}{(1 + E_{n-n})^{T_M}} + \sum_{i=1}^n \frac{C'_{3i} + C_D - C_Y + C_{O_i}}{(1 + E_{n-n})^{t_{3i}}} + \sum_{j=1}^m \frac{C_{P_j} + C_{O_j}}{(1 + E_{n-n})^{t_{P_j}}} + \overline{C_T} \varphi, \quad (5)$$

де  $C_D, C_Y, C'_{3i}, C_{P_j}$  – вартість (в грн.) відповідно розбирання конструкцій і виклику невиконаних матеріалів від розбирання; реалізації використовуваних матеріалів від розбирання; будівництва нової конструкції замість старої, що виконувала свій термін  $T_{\Phi}$ ; одного капітального ремонту;

$\overline{C_T}$  – стоимость текущего ремонта и прочие виды эксплуатационных расходов, равномерно распределенных во времени, грн. / год;

$C_o$  – возможные потери от остановки или сокращения объема производства в период проведения замены конструкции или в период проведения  $j$  капитального ремонта;

$T_m$  – продолжительность функционирования объекта (или срок морального износа здания, сооружения или отдельных конструкций), год;

$t_{z_i}$  и  $t_{p_j}$  – время в годах, от начала эксплуатации объекта соответственно до срока замены конструкции и срока проведения  $j$  капитального ремонта;

$m$  и  $n$  – число соответственно замен конструкций и капитальных ремонтов за весь период функционирования объекта  $T_m$ ;

$\varphi$  – условное время, за которое учитываются полностью текущие эксплуатационные расходы  $\overline{C_T}$ , год.

Величина  $\varphi$ , как и суммарная величина  $\Pi_{\Sigma}$ , в значительной степени зависит от продолжительности функционирования объекта  $T_m$  и величины коэффициента приведения разновременных затрат. Так

$$\varphi = \int_0^{T_m} \frac{dt}{(1+E_{n-n})^t} = \frac{1}{\ln(1+E_{n-n})} - \frac{1}{(1+E_{n-n})^{T_m} \ln(1+E_{n-n})}. \quad (6)$$

Если  $E_{n-n} = 0,08$ , то при  $T_m = 30$  лет без больших погрешностей можно записать:

$$\varphi = \frac{1}{\ln(1+E_{n-n})} \cong \frac{1}{E_{n-n}} \quad (7)$$

Формула (5) может быть значительно упрощена, если сделать допущения, что затраты по замене конструкций в условиях действующего цеха или предприятия равны затратам по возведению конструкций при новом строительстве.

Тогда получим

$$\Pi_{\Sigma} = \mu_1(C_d - C_y) + \mu_2(C + C_d - C_y) + \mu_3 C_p + \overline{C_T} \varphi, \quad (8)$$

где  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  – коэффициенты приведения к моменту начала эксплуатации объекта отдельных видов эксплуатационных затрат (на замену конструкций, капитальные ремонты и т. д.) за период функционирования объекта.

В тех случаях, когда известна периодичность проведения капитальных ремонтов, а затраты на их проведение даны в процентах к стоимости конструкций в деле,  $\Pi_{\Sigma}$  можно определять по формуле

$$\Pi_{\Sigma} = \mu_1(C_d - C_y) + C_{\Sigma} \varphi', \quad (9)$$

где  $C_{\Sigma}$  – среднегодовые затраты на капитальный и текущий ремонты и прочие виды эксплуатационных расходов, грн./год;

3. Составляющая приведенных затрат, зависящая от капитальных вложений в базу по производству конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов:

$$\Pi'_K = E_H(\overline{K_K} + \overline{K_M}) = E_H(\sum \overline{AK_K} + \sum \overline{AK_M}), \quad (10)$$

где  $\overline{K_K}$  и  $\overline{K_M}$  – приведенные капитальные вложения, соответственно: в производство конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов;

$\overline{A}$  – коэффициент, учитывающий приведение затрат на строительство предприятий по производству конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов к моменту ввода их в действие;

$K_K$  и  $K_M$  – капитальные вложения в производство соответствующих конструкций, изделий, полуфабрикатов и материалов, грн. / год.

4. Экономический эффект от досрочного ввода объекта в действие.

Величину  $\Pi_{\Pi}$ , по-видимому, следует определять в зависимости от величины дополнительной прибыли (за вычетом налога с оборота), которая может быть получена за период досрочного ввода объекта в действие. Формулу для определения величины  $\Pi_{\Pi}$  можно упрощенно записать в виде:

$$\Pi_{\Pi} = \Pi_P(T_2 - T_1), \quad (11)$$

де  $\Pi_p$  – середньорічна прибуль за період досрочного вводу об'єктів в дію;  
 $T_2$  і  $T_1$  – тривалість будівництва за порівнюваними варіантами, рік.

Недопустимо приймати  $\Pi_p$  рівною по величині річної прибуль до моменту повного освоєння проектного потужності. В початковий період освоєння проектного потужності підприємства собівартість виробництва продукції може бути менше оптової ціни або перевищувати її. Правильніше по цьому розраховувати величину  $\Pi_{\Pi}$  по формулі

$$\Pi_{\Pi} = \int_0^{T_M} \frac{\Pi_{p_2} V_2 - \Pi_{p_1} V_1}{(1 + E_{n-n})^t} dt, \quad (11a)$$

де  $\Pi_{p_1} = f_1(t), \Pi_{p_2} = f_2(t), V_1 = f_3(t), V_2 = f_4(t)$ .

В практиці при оцінці ефективності конструктивних рішень будівель і споруд, як правило, ввиду відсутності необхідних даних формули (11a) і (11) не використовуються.

В цьому випадку орієнтовно величину  $\Pi_{\Pi}$  рекомендується визначати по відомій формулі, але з введенням зменшувального коефіцієнта

$$\Pi_{\Pi} = \frac{E_n' \Phi (T_2 - T_1)}{(1 + E_{n-n})^{T_{ом}}}, \quad (11б)$$

де  $\Phi$  – вартість вводимих в дію основних фондів, включаючи вартість технологічного обладнання, грн.,  
 $T_2$  і  $T_1$  – тривалість будівництва за порівнюваними варіантами, рік;  
 $T_{ом}$  – тривалість освоєння проектного потужності, рік.

## ВИСНОВОК

При оцінці варіантів конструкцій для вибору найбільш ефективних для типових проектів можливий ефект від досрочного вводу об'єктів в дію можна враховувати тільки при умові введення коефіцієнта ймовірності цього ефекту.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Левченко, В. Н. Удосконалення проектних рішень і оцінка ефективності проектів промислових будівель [Текст] : Навчальний посібник / В. Н. Левченко, Д. В. Левченко. – Макіївка : ДонНАБА, 2004. – 310 с.
2. Левченко, В. Н. Формування ціни і оцінка ефективності інвестицій при ринкових умовах [Текст] : навч. посібник для студ. вузів, які навчаються по екон. і буд. спец., а також для слухачів ф-тів підвищ. кваліфікації / В. М. Левченко, В. Д. Кантер ; Інститут змісту та методів навчання, Донбаська держ. академія будівництва і архітектури. – Макіївка : ДонНАБА, 1999. – 115 с. – ISBN 966-7477-05-3.
3. Методические рекомендации по технико-экономической оценке проектных решений промышленных зданий и сооружений [Текст] / НИИЭС, ЦНИИпромзданий. – М. : Стройиздат, 1967. – 29 с.
4. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций [Текст] / НИИЖБ Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1981. – 55 с.
5. Методы технико-экономического обоснования и оценка проектных решений промышленных зданий и сооружений [Текст] / НИИЭС. – М. : Стройиздат, 1972. – 110 с.

Получено 10.10.2013

В. М. ЛЕВЧЕНКО, Д. В. ЛЕВЧЕНКО, В. Ф. КИРИЧЕНКО, Е. П. БРИЖАТИЙ,  
 О. Ю. ІВАНОВ  
 ЕКОНОМІЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ  
 КОНСТРУКЦІЙ З РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ  
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Важливим завданням при проектуванні різних будівельних об'єктів є вибір оптимального методу техніко-економічної оцінки та обґрунтування галузей і форм ефективного застосування будівельних конструкцій з різних матеріалів. При цьому необхідно обрати основний критерій і модель для обрахунку приведених витрат з урахуванням впливу різних факторів. У статті розглянуто економічні основи визначення ефективних будівельних конструкцій.

**ефективність, приведені капітальні вкладення, рентабельність, собівартість**

VICTOR LEVCHENKO, DMITRY LEVCHENKO, VLADIMIR KIRICHENKO,  
EDUARD BRYZHATY, ALEKSANDR IVANOV  
ECONOMIC PRINCIPLES OF EFFICIENCY EVALUATING OF BUILDING  
STRUCTURES

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The most important problem at designing work of various construction objects is solution of optimal method of technical and economic evaluation and feasibility study of fields and forms of application of building structures of various materials. It is necessary to select main criterion and model for adjusted expenditures determination considering different factors effect. The article deals with economic principles of building construction efficiency evaluation.

**efficiency, adjusted investment, profitableness, cost**

**Левченко Віктор Миколайович** – кандидат технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної і виховної роботи Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Левченко Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Кириченко Володимир Федорович** – старший викладач кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Брижатий Едуард Парфірійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Іванов Олександр Юрійович** – магістр Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

**Левченко Виктор Николаевич** – кандидат технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической и воспитательной работе Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Левченко Дмитрий Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры строительный институт, кафедра металлических конструкций. Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Кириченко Владимир Федорович** – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Брыжатый Эдуард Парфириевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры строительный институт, кафедра железобетонных конструкций. Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

**Иванов Александр Юрьевич** – магистр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.



**Levchenko Victor** – PhD (Eng.), Professor, Vice-rector in education and pedagogic activities, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, chancellor's office. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Levchenko Dmitry** – PhD (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Kirichenko Vladimir** – senior lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Bryzhaty Eduard** – PhD (Eng.), associate professor, The Ferroconcrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

**Ivanov Aleksandr** – the magistrate, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

УДК 624.072.33

**А. Б. БОНДАРЕВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОЦЕНКА МОНТАЖНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ОДНОПОЯСНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ ПОКРЫТИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ**

В статье выполнен краткий обзор и анализ способов учёта сборочных погрешностей на напряжённо-деформированное состояние большепролётных стержневых металлических покрытий. Существующие нормы проектирования, в том числе и зарубежные, по расчёту стальных конструкций не имеют достаточной и полной информации о процедуре оценки поведения пространственных большепролётных стержневых металлических покрытий при монтажных состояниях. Выполнено численное исследование напряжённо-деформированного состояния однопоясной стержневой металлической оболочки покрытия цилиндрической формы с учётом монтажных воздействий – сборочных усилий. Полученные значения напряжений в элементах оболочки свидетельствуют о необходимости разработки конструктивных мероприятий, которые снизят влияние сборочных усилий, т. е. монтажных воздействий на несущую способность и живучесть оболочки. Методика определения монтажных воздействий, возникающих в оболочке покрытия цилиндрической формы, приведенная в статье, может использоваться при реальном проектировании стержневых металлических оболочек цилиндрической, сферической, эллиптической, конической, тороидальной и других форм.

**большепролётные пространственные покрытия, монтажное состояние, сборочные усилия, математическое моделирование сборки, сборочные погрешности, теория управления**

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

При возведении каркасов металлических большепролётных покрытий, состоящих из большого количества отпавочных марок, неизбежен процесс последовательного накопления погрешностей, возникающих при их изготовлении, укрупнительной сборке и монтаже. Точность проектирования, изготовления и возведения конструкций большепролётных покрытий влияет на их надёжность в целом и на живучесть в частности. Расчёт точности, как правило, производится путём выявления размерных связей в конструктивно-технологических схемах зданий и сооружений, составления размерных цепей и решения уравнений точности [4]. Другой способ основан на статическом расчёте стержневых систем методами строительной механики, которые используют известную формулу Мора, устанавливающую зависимость перемещений системы от деформаций её стержней [7].

Среди зарубежных исследований нужно отметить их общую тенденцию, направленную на активное управление поведением систем как в процессе их возведения, так и при функционировании – эксплуатации. Типичные примеры и результаты активного регулирования (читать управления) даёт авиационная и космическая промышленность. Некоторые значимые результаты изложены в трудах учёных Американского института аэронавтики и астронавтики (Proceedings of the American Institute of Aeronautics and Astronautics [AIAA]) в работе R. J. Bruno [9], а также Н. М. Kim [10], J. E. Pearson [11], М. Sanayei, О. Onipede [12] и многих других. Примером достаточно поучительных работ, посвящённых регулированию поведения конструкции, нужно отметить работы наших учёных В. И. Буя-каса [2] и А. С. Гвамичавы [3], посвящённых гелиоустановкам, радиотелескопам.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

На основании проведенного анализа сделан вывод, что: статический расчёт по методу Мора не учитывает способ возведения сооружения и последовательность монтажа его элементов; для

© А. Б. Бондарев, 2013

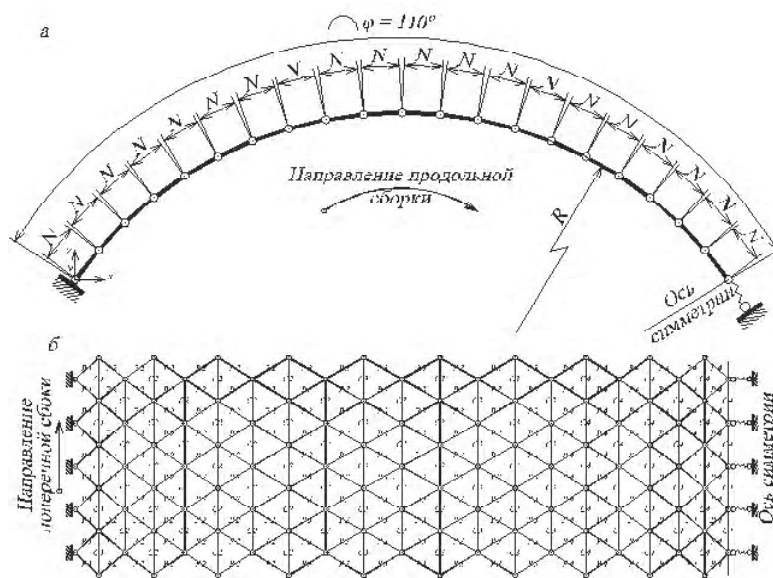
исследования возможных погрешностей большепролётных стержневых металлических покрытий использование метода размерных цепей затруднено, а зачастую невозможно, в связи с конструктивной многосвязностью их каркасов; оба способа не учитывают возможность корректировки пространственного положения элементов во время монтажа.

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка влияния монтажных воздействий на напряжённо-деформированное состояние каркаса стержневой металлической оболочки покрытия при различных способах монтажа.

### ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Однопоясная стержневая металлическая оболочка покрытия цилиндрической формы, показанная на рис. 1. Исследуемая однопоясная цилиндрическая стержневая металлическая оболочка радиусом  $R$ . Допускаемое отклонение линейных размеров элементов равно  $\pm 5$  мм, соответствующее допуску размеров на монтаж [6], и  $\pm 0,8$  мм – соответствует допуску размеров на изготовление элементов по первому классу точности согласно [4].



**Рисунок 1** – Расчётная схема исследуемой оболочки с маркировкой элементов: а – вид сбоку; б – вид сверху с маркировкой элементов.

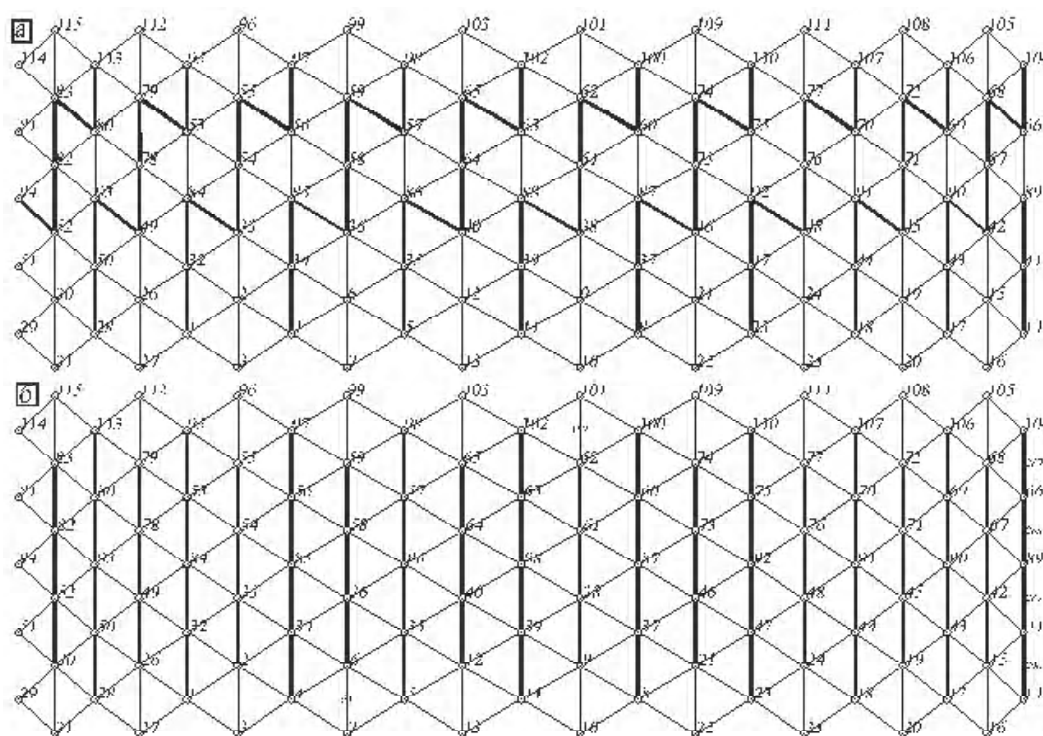
$R = 10$  м образована из последовательно соединённых в поперечном направлении  $N = 20$  штук монтажных элементов, угол раскрытия образующей  $\varphi = 110^\circ$ . Длина отдельного стержня оболочки составляет 1 108 мм. Сеть оболочки в плане образована равносторонними треугольниками. Материал оболочки – сталь С 255, сечение элементов – гнуто-сваренный профиль.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При возведении металлических каркасов большепролётных оболочек покрытия цилиндрической формы накапливаются погрешности геометрической формы отдельных монтажных элементов. Это накопление приводит к отклонению действительного пространственного положения элементов и узлов от проектного – т. е. начальному несовершенству (искажению) действительной геометрической формы каркаса оболочки по сравнению с номинальной. Численное моделирование процесса монтажа исследуемой оболочки выполнено графоаналитическим методом, реализованным в авторской компьютерной программе – Вычислительный Комплекс Размерного Анализа Стержневых Конструкций (ВК РАСК) [1].

Определение и оценка погрешностей оболочки вследствие неточностей отдельных элементов в ВК РАСК выполнена по пространственному отклонению для узлов и линейному для замыкающих стержней от номинальной поверхности. Сборка однослойной стержневой цилиндрической оболочки выполняется, как правило, поэлементно на подмостях в продольном или поперечном направлении, потому рассмотрим в работе две последовательности сборки оболочки – продольная и поперечная.

Для анализа напряжённого состояния оболочки с учётом монтажных воздействий применён вычислительный комплекс (БК) SCAD. При сборке пространственной оболочки покрытия в ней есть замыкающие стержни. Замыкающие стержни – стержни, вызывающие при сборке системы появление сборочных усилий [8]. Полученные из расчёта по БК РАСК теоретические отклонения длин элементов однослойной оболочки, которые могут теоретически возникнуть от неточности её изготовления и монтажа, смоделированы в БК SCAD температурным воздействием. Чтобы определить теоретическое напряженно-деформированное состояние однослойной цилиндрической оболочки с дефектами изготовления и монтажа, необходимо определить величину соответствующего температурного воздействия. Температурные воздействия на замыкающие стержни в совокупности образуют дополнительную схему загрузки оболочки покрытия, которое, по-видимому, необходимо включить в основное расчётное сочетание нагрузок и назвать его – **загружение монтажной нагрузкой**. Исходными данными монтажного нагружения оболочки служат величины сборочных погрешностей. Рассмотрим сборочные усилия в оболочке более подробно. Общее количество элементов составляет 291 (рис. 2). Несущая способность элементов оболочки значительно больше, чем усилия, возникающие от расчётного сочетания усилий. Сечение элементов должно быть принято изначально по гибкости  $\lambda = 120$ , а затем уточняться на основании статического расчёта согласно [6].



**Рисунок 2** – Схема нагружения оболочки монтажными воздействиями: а – при продольной схеме сборки; б – при поперечной схеме сборки.

По результатам оценки сборочных усилий на несущую способность оболочки приведены гистограммы, показывающие соотношения между усилиями от основного сочетания нагрузок и погрешностей изготовления и монтажа. Результаты расчёта для оболочки представлены на гистограммах рис. 3...5. Поясним обозначения, принятые на гистограммах: 1 – усилие в элементе от основного сочетания нагрузок ( $N_{эл.}$ ); 2 – усилие в элементе от погрешности изготовления по 1 классу точности в соответствии с [4] при продольной сборке ( $N_1$ ); 3 – усилие в элементе от погрешности изготовления по 1 классу точности в соответствии с [4] при поперечной сборке ( $N_2$ ); 4 – усилие в элементе от погрешности монтажа в соответствии с [6] при продольной сборке ( $N_3$ ); 5 – усилие в элементе от погрешности монтажа в соответствии с [6] при поперечной сборке ( $N_4$ ). На гистограммах приведены усилия от основного сочетания нагрузок ( $N_{эл.}$ ), и суммарные ( $N_1...N_4$ ). Под значением суммарного усилия приведена величина перегрузки сечения в долях от единицы. Несущая способность элемента показана на гистограмме как  $N_{max}$ .

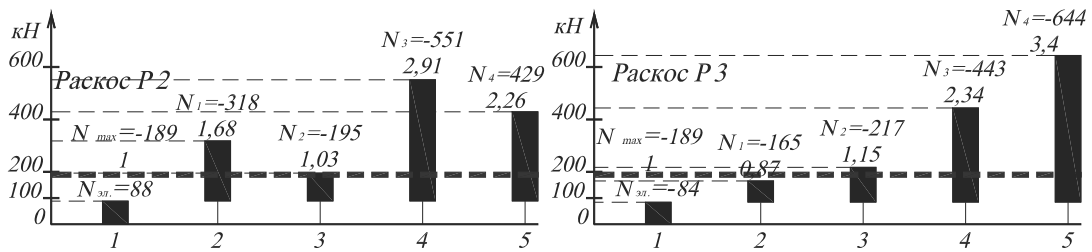


Рисунок 3 – Величина усилий в элементах P2, P3.

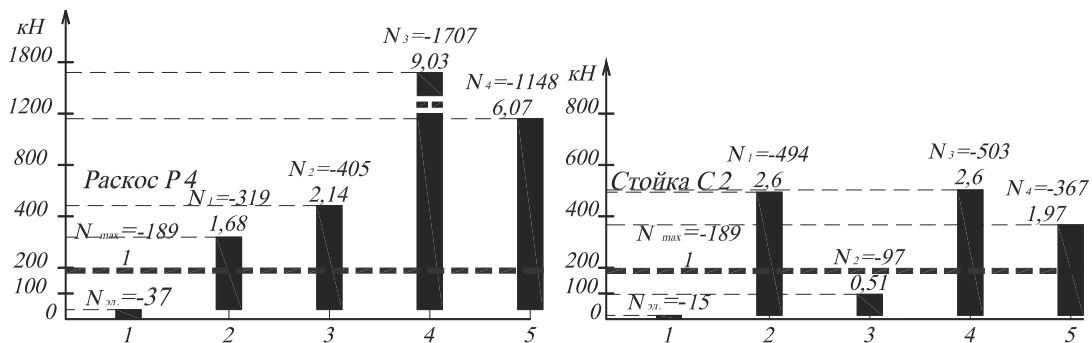


Рисунок 4 – Величина усилий в элементах P4, C2.

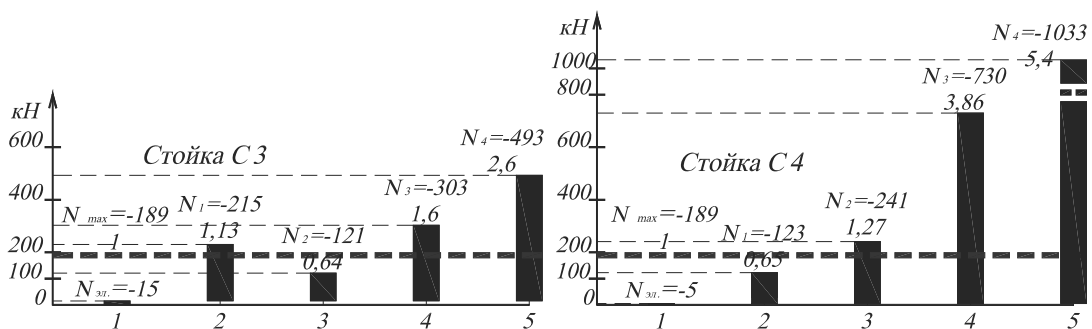


Рисунок 5 – Величины усилий в элементах C3, C4.

На гистограммах показано изменение величин сборочных усилий по отношению к несущей способности сечения стержней. Несущая способность стержня на каждой гистограмме принята за 1, а величина сборочного усилия по отношению к несущей способности показана в частях от 1. Например, для элемента P2 величина перегрузки сечения от действия сборочного усилия  $N_1 = 1,68$  или 68 %, (рис. 3).

Для элементов P2, например, максимальное усилие от расчётной нагрузки составляет  $N_{эл.} = -88$  кН. Максимальная величина дополнительного усилия от погрешностей изготовления при продольной сборке составляет  $N_{пдс-п.} = -287$  кН. Величина суммарного усилия в элементе от погрешностей изготовления при продольной сборке составляет  $N_1 = N_{эл.} + N_{пдс-п.} \times k_c = -88 + (-287 \times 0,8) \approx -318$  кН, где  $N_{пдс-п.}$  – усилие в элементе от погрешностей изготовления при продольной сборке;  $k_c$  – коэффициент сочетаний согласно п. 4.18 [5]. Аналогично определены значения усилий для всех элементов оболочек, возникающих в них от погрешностей изготовления и монтажа. Для остальных оболочек в гистограммах будут аналогичные обозначения. Величины усилий выражены в кН.

В исследуемой однопоясной стержневой металлической оболочке покрытия зафиксировано истощение несущей способности раскосов P4 и стоек C4. Такой результат может быть обоснован тем, что увеличение количества элементов в направлении сборки приводит к накоплению погрешностей. Накопленные величины погрешностей приводят к увеличению сборочных усилий, а сборочные усилия – к снижению несущей способности как отдельных элементов, так и оболочки в целом. В связи с этим происходит снижение живучести исследуемой оболочки покрытия.

По результатам, полученным в данном исследовании, можно сделать такие **выводы**:

1. Выполненные исследования показывают, что монтажные воздействия, возникающие при сборке оболочки, могут существенно повлиять на напряжённое состояние её элементов.
2. Своевременный учёт влияния монтажных воздействий позволяет не только повысить несущую способность конструкций стержневой оболочки покрытия, но и предусмотреть необходимые конструктивные мероприятия для снижения этого влияния и обеспечения собираемости её каркаса.
3. Наличие монтажных воздействий – сборочных усилий – приводит к снижению живучести покрытия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 47952 Украина. Компьютерная программа «Вычислительный комплекс "Размерный анализ стержневых конструкций"» («ВК РАСК») [Текст] / А. Б. Бондарев, А. М. Югов (Украина). – № 48382 ; заявл. 20.12.2012 ; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 1. – 2 с.
2. Буякас, В. И. Статически определимые регулируемые структуры и их приложения в технических задачах космической астрономии [Текст] : дис. ... доктора технических наук / В. И. Буякас. – М., 2004. – 190 с.
3. Гвамичава, А. С. Разработка и внедрение конструктивных форм и методов расчета крупногабаритных космических антенных сооружений [Текст] : автореферат дис. на соискание ученой степени доктора технических наук / А. С. Гвамичава. – М. : ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова, 1984. – 57 с.
4. ГОСТ 21779-82. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски [Текст]. – Взамен ГОСТ 21779-76 ; введ. 1983-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1983. – 14 с.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
6. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – На заміну СНиП II-23-81\* окрім розділів 15\*–19, СНиП III-18-75 окрім розділів 3–8, СНиП 3.03.01-87 у частині, що стосується сталевих конструкцій окрім п.п. 4.78 – 4.134 ; чинні від 2011-12-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
7. Смирнов, А. Ф. Строительная механика. Стержневые системы [Текст] / А. Ф. Смирнов, А. В. Александров, В. Я. Лащенко, Н. Н. Шапошников. – М. : Стройиздат, 1981. – 512 с.
8. Югов, А. М. Численное статистическое исследование возможных погрешностей возведения однопопной металлической оболочки покрытия цилиндрической формы [Текст] / А. М. Югов, А. Б. Бондарев // Сборник докладов научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора Е. И. Белени «Расчёт и проектирование металлических конструкций». 25 марта 2013 года, г. Москва / Под. ред. А. Р. Тусни-на. – Москва : МГСУ, 2013. – С. 247–251.
9. Bruno, Robin J. Identification of nonlinear joints in a truss structure [Текст] / Robin J. Bruno // Proceedings of the American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) / American Society of Mechanical Engineers (ASME) Adaptive Structures Forum, Hilton Head, SC. – Washington : American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1994. – P. 402–410.
10. Kim, H. M. On-orbit modal identification of large space structures [Текст] / H. M. Kim, H. N. Doiron // Sound and Vibration. – 1992. – Vol. 26, № 6. – P. 24–30.
11. Pearson, J. E. Experimental Studies of a Deformable-Mirror Adaptive Optical System [Текст] / J. E. Pearson, S. Hansen // Journal of Optical Society America. – 1977. – № 67. – P. 360–369.
12. Sanayei, M. Damage assessment of structures using static test data [Текст] / M. Sanayei, O. Onipede // AIAA Journal. – 1991. – Vol. 29, № 7. – P. 1174–1179.

Получено 28.10.2013

**О. Б. БОНДАРЕВ**

**ОЦІНКА МОНТАЖНИХ ВПЛИВІВ У ОДНОПОЯСНІЙ СТЕРЖНЬОВІЙ  
МЕТАЛЕВІЙ ОБОЛОНЦІ ПОКРИТТЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ**

**Донбаська національна академія будівництва і архітектури**

У статті виконано короткий огляд та аналіз способів урахування похибок на напружено-деформований стан великопрольотних стержневих металевих покриттів. Існуючі норми проектування, у тому числі і зарубіжні, із розрахунку сталевих конструкцій не мають достатньої та повної інформації щодо процедури оцінки поведінки просторових великопрольотних стержневих металевих покриттів при монтажних станах. Виконано чисельне дослідження напружено-деформованого стану однопопної стержневої металеві оболонки покриття циліндричної форми із урахуванням монтажних впливів – зусиль збирання. Отримані значення напружень у елементах оболонки свідчать про необхідність

розробки конструктивних заходів, які знижать вплив зусиль збирання, тобто монтажних впливів на несучу здатність та живучість оболонки. Методика визначення монтажних впливів, що виникають у оболонці покриття циліндричної форми, наведена у статті, може бути використана при реальному проектуванні стержневих металевих оболонок циліндричної, сферичної, еліптичної, конічної, тороїдальної та інших форм.

**великопрольотні просторові покриття, монтажний стан, зусилля збирання, математичне моделювання збірки, збірні похибки, теорія управління**

ALEXEY BONDAREV

## MECHANICAL IMPACT ASSESSMENT IN ODNOPOYASNOY ROD METAL SHELL COVER CYLINDRICAL SHAPE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article gives an overview and analysis of the accounting methods of assembly errors on the stress-strain state of the large-core metal coatings. Existing design standards including the calculation and foreign steel structures do not have sufficient and complete information on the procedure for assessing the behavior of spatial span rod of metal coatings for assembly states. A numerical study of the stress-strain state single layer core metal shell covering a cylindrical shape with the installation of impacts – the assembly effort has been carried out. The resulting values of the stresses in the elements of the shell indicate the need for structural measures that will reduce the impact of assembly effort, ie mounting impact on the bearing capacity of the shell. Methods of determining the mounting impacts arising in the shell coating of cylindrical shape given in the article may be used in the actual design of a cylindrical rod of metal shells, spherical, elliptical, conical, toroidal, and other forms.

**span spatial covers, mounting state, assembly forcing, mathematical modeling of the assembly, assembly faults, control theory**

**Бондарев Олексій Борисович** – аспірант кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування, монтаж металевих та комбінованих конструкцій.

**Бондарев Алексей Борисович** – аспирант кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация металлических и комбинированных конструкций.

**Bondarev Alexey** – post-graduate student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: designing, erection of steel and combinations construction.

УДК 624.151.5: 69.056.55

**А. С. ГОЛЯДИНЕЦЬ**

Київський національний університет будівництва та архітектури

## **ЧАСТКОВІ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ФУНДАМЕНТІВ ПІД КОЛОНИ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ**

У статті розглядаються найбільш поширені варіанти фундаментів під колони каркасних будівель, їх переваги у порівнянні з іншими типами. Додатково пропонуються ефективні рішення, для яких виконується статичний та динамічний описи. Найбільша увага приділяється питанням технологічності різних типів фундаментних конструкцій під колони каркасних будівель. Визначається один із основних техніко-економічних показників ефективності будівельних процесів, а саме тривалість виконання робіт при зведенні конструкцій послідовним та потоковим методами. На основі співставлення показників різних варіантів ефективних конструктивних рішень та аналізу отриманих даних наводиться загальна порівняльна характеристика. Крім того, чітко формулюються переваги і недоліки використання кожного із типів фундаментів під колони каркасних будівель: прочності, позволяющей учесть особенности устройства систем по данной технологии.

**фундамент під колону, каркасна будівля, технологічність, техніко-економічний показник, тривалість виконання робіт, будівельний процес**

### **ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ**

Фундаменти під колони каркасних будівель широко застосовуються в сучасному будівництві, оскільки мають ряд переваг перед іншими типами фундаментів. Це, по-перше, висока несуча здатність при відносно невеликій глибині закладання підошви, що значно зменшує витрати на виконання підготовчих робіт по розробці ґрунту. По-друге, фундаменти під колони відрізняються невеликими витратами основних матеріалів на їх зведення і зменшеними витратами праці та часу на виконання робіт.

### **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ**

Питання розвитку ефективних рішень фундаментів під колони каркасних будівель висвітлені в джерелі [1]. В основі досліджень лежить проблема дослідження комплексних конструкцій. Формується єдина технологічна система, яка передбачає розроблення, дослідження і впровадження в будівельне виробництво надійних комплексних конструктивних рішень нового покоління.

У джерелах [2, 3] авторами наведена широка класифікація фундаментів. Велика увага приділяється фундаментам під колони каркасних будівель.

Розгляд технологічних аспектів зведення фундаментів під колони проведено в джерелі [4]. Розглянуті властивості будівельних матеріалів, наводяться основи технології армобетонних робіт.

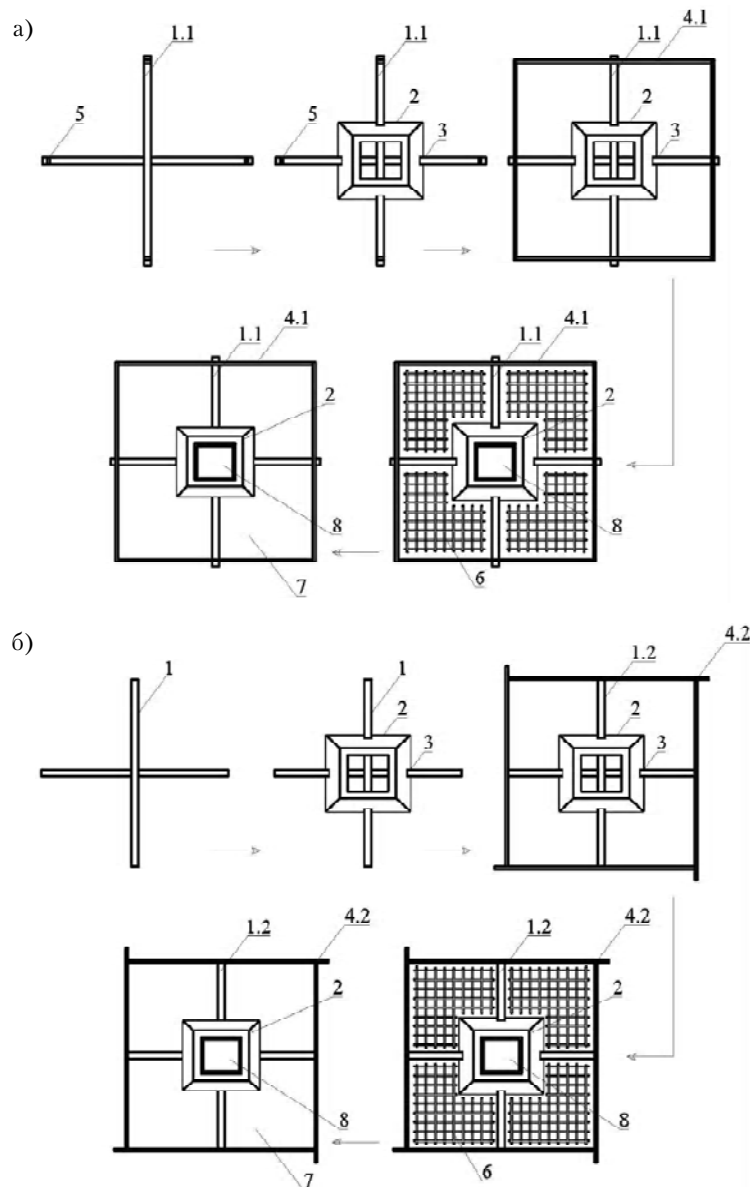
**Метою** статті є розгляд часткових питань технологічності фундаментів під колони каркасних будівель. На основі порівняння тривалості виконання робіт по зведенню фундаментів різних конструктивних рішень передбачено визначити найбільш ефективні та обґрунтувати технологічні переваги і недоліки кожного з варіантів.

### **ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ**

На цей час у будівельній галузі для фундаментів під колони каркасних будівель найчастіше використовуються монолітні (ФМ), збірні (ФЗ) та збірно-монолітні (ФЗМ) конструктивні вирішення [5].



Окрім наведених варіантів, що набули найбільшого поширення, запропоновано два ефективних рішення (рис.):



**Рисунок** – Схема зведення запропонованих фундаментів: а) ФЗМ1; б) ФЗМ2.

1. Перше рішення – збірно-монолітний фундамент в незнімній армобетонній опалубці (ФЗМ1) – ґрунтується на основі збірної хрестовини 1.1 товщиною 80–120 мм, на яку вкладається збірний підколонник 2 товщиною 60–100 мм з допомогою пазів 3. По периметру хрестовини кріпиться незнімна опалубка 4.1 товщиною 40–60 мм з допомогою пазів 5. В утворену конструкцію монтується армування 6 та вкладається бетонна суміш 7. У сформовану конструкцію вставляється колона 8.

Особливістю такого типу фундаментів під колони є те, що монтаж збірних конструкцій відбувається в короткі терміни завдяки використанню пазів 3 та 5. Таким чином сполучення хрестовини 1.1 та підколонника 2, а також опалубки 4.1 відбувається без виконання операцій по закріпленню, а на процес вивіряння потрібно забезпечити значно менше часу та трудомісткості. Крім того, колона 8 може встановлюватися відразу після вкладання та ущільнення бетонної суміші 7. Після набору бетоном проектної міцності, монолітні та збірні конструкції фундаменту та опалубки вступають в сумісну роботу і забезпечується потрібна жорсткість та стійкість фундаменту.

2. Друге рішення – збірно-монолітний фундамент із збіркою хрестовиною (ФЗМ2) – відрізняється від першого тим, що в збірній хрестовині 1.2 виконані тільки пази 3 для встановлення підколонника 2.

Оборотна опалубка для підшови фундаменту влаштовується у вигляді щитів 4.2. Як в попередньому рішенні, армування 5 та бетонна суміш 6 вкладається у сформовану систему. Колона 7 монтується в підколонник 2.

Процес зведення монолітного фундаменту із збірною хрестовиною складається із послідовності операцій, що зазначена в рішенні ФЗМ1. Відмінність полягає лише в тому, що опалубні елементи 4 монтуються по периметру підшови і закріплюються незалежно від збірних залізобетонних конструкцій. Після досягнення бетоном міцності 0,3 МПа передбачено виконати процес розпалублювання підшови фундаменту.

Для того, щоб визначити доцільність використання запропонованих фундаментів, виконано порівняння. За критерій прийнято тривалість виконання робіт  $T_p$ , оскільки він є одним із основних техніко-економічних показників ефективності будівельних процесів. Порівняно п'ять типів фундаментів за тривалістю зведення одного елемента. На основі формування структури робіт по зведенню фундаментів під колони каркасних будинків та побудови календарного графіка їх виконання визначено сумарний час при послідовному методі виконання основних процесів.

Отримані дані для кожного з конструктивних варіантів (з урахуванням витрат часу на влаштування колон) показують, що у випадку виконання монолітних робіт загальна тривалість значно зростає (табл.). Найбільш ефективними, на перший погляд, є збірні фундаменти. Проте з урахуванням принципу виконання процесів поточковим методом можливе, в період догляду за бетоном, паралельне зведення інших фундаментів. Суміщення основних процесів дає змогу скоротити загальні терміни влаштування конструктивних елементів. З врахуванням даного принципу визначена тривалість (з урахуванням витрат часу на влаштування колон), яка наведена в таблиці.

**Таблиця** – Результати порівняння конструктивних рішень фундаментів під колони

№	Тип фундаменту	Тривалість при послідовному виконанні робіт, хв.	Тривалість при поточковому виконанні робіт, хв.
1	Фундамент збірний (ФЗ)	117	117
2	Фундамент монолітний (ФМ)	617	137
3	Фундамент збірно-монолітний (ФЗМ)	603	123
4	Фундамент збірно-монолітний в незнімній армобетонній опалубці (ФЗМ1)	539	109
5	Фундамент збірно-монолітний із збірною хрестовиною (ФЗМ2)	547	117

З аналізу наведеного дослідження отримано, що ФМ, на який необхідно затратити найбільше часу на зведення, характеризується складністю витримки потрібної точності встановлення опалубки і високою трудомісткістю робіт, які потрібно виконувати безпосередньо на будівельному майданчику. Використання таких фундаментів вимагає значних матеріальних витрат і доцільне при дуже значних обсягах робіт та в умовах близького розташування заводів по виготовленню бетонних сумішей.

Використання ФЗ забезпечує виконання робіт по зведенню підземної частини будівлі в короткі терміни, що дозволяє їх використовувати у випадку великих обсягів будівельно-монтажних робіт. Технологія монтажу таких конструкцій вимагає кваліфікованих робітників, а також високої точності вивірювання та закріплення елементів. Жорсткість такого фундаменту в порівнянні з монолітними значно нижча.

Комбінація у вигляді ФЗМ дозволяє отримати середні результати по тривалості зведення, а також по витратах матеріальних ресурсів. При незначних обсягах робіт або при необхідності виконання масивних конструкцій використання таких фундаментів може бути ефективним.

Аналіз отриманих результатів дослідження тривалості зведення ФЗМ1 показав, що такий тип є одним із ефективних варіантів, оскільки терміни його влаштування найкоротші, а трудовитрати – найнижчі. Крім того, перевагою даного конструктивного рішення є високий коефіцієнт використання транспортних засобів для перевезення збірних елементів на будівельний майданчик, в порівнянні із ФЗ чи ФЗМ. Однак характерною ознакою ФЗМ1 є збільшення вартості опалубних елементів, що обмежує його сферу застосування при значних обсягах робіт.

З точки зору витрат матеріальних ресурсів, як передбачувано більш ефективне рішення відносно ФЗМ1 та ФЗ, запропоновано ФЗМ2. Середні показники тривалості компенсуються можливістю

використання виконавців невисокої кваліфікації та зниженням вартості опалубки, що робить ефективним такий варіант при великій кількості фундаментів. Крім того, висока жорсткість прийнятого рішення дає змогу забезпечити просторову стійкість будівлі в цілому.

Дослідження в напрямку запропонованих фундаментів тривають. Вони полягають у вдосконаленні конструктивно-технологічних рішень та дослідженні решти питань технологічності фундаментів під колони каркасних будівель, до складу яких також входить собівартість  $C_p$  та трудомісткість  $Q_p$ .

## ВИСНОВОК

Порівняння різних типів фундаментів під колони каркасних будівель на основі визначення та співставлення критерію тривалості виконання робіт  $T_p$  показало, що запропоновані рішення є ефективними. Доцільним є подальше дослідження їх конструктивно-технологічних параметрів, переваг та недоліків використання в умовах будівельного майданчика.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Високоєфективні технології та комплексні конструкції в промисловому та цивільному будівництві [Текст] : монографія / [В. О. Онищенко, О. Г. Онищенко, С. Ф. Пічугін та ін.]. – Вид. 2-ге, доповнене. – Полтава : ТОВ «АСМІ», 2011. – 520 с.
2. Основания и фундаменты [Текст] : справочник / Г. И. Швецов, И. В. Носков, А. Д. Слободян, Г. С. Госькова. – М. : Высш. шк., 1991. – 383 с.
3. Шоклич, А. Основания и фундаменты [Текст] / А. Шоклич ; [пер. Э. Ф. Рязиновского под. ред. С. М. Мелкумова]. – Л.-М. : ГРСЛ, 1936. – 492 с.
4. Файнер, М. Ш. Бетонні та армобетонні роботи [Текст] : навч. посібник / М. Ш. Файнер. – Чернівці : ЧНУ, 2012. – 308 с.
5. Современные проблемы фундаментостроения [Текст] : сб. трудов междунар. научн.-техн. конф. В 4-х ч. Ч. 1, 2 / Рос. акад. наук. Рос. акад. архитектуры и строит. наук. Волгогр. гос. архитектур.-строит. акад. и др. – Волгоград : ВолгГАСА, 2001. – 142 с.

Отримано 14.10.2013

А. С. ГОЛЯДИНЕЦ

### ЧАСТИЧНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ФУНДАМЕНТОВ ПОД КОЛОНЫ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

В статье рассматриваются наиболее распространённые варианты фундаментов под колонны каркасных зданий, их преимущества в сравнении с другими типами. Дополнительно предлагаются эффективные решения, для которых выполняется статическое и динамическое описание. Наибольшее внимание уделяется вопросам технологичности разных типов фундаментных конструкций под колонны каркасных зданий. Определяется один из основных технико-экономических показателей эффективности строительных процессов, а именно продолжительность выполнения работ при возведении конструкций последовательным и поточным методами. На основе сопоставления показателей разных вариантов эффективных конструктивных решений и анализа полученных данных наводится общая сравнительная характеристика. Кроме этого, четко формулируются преимущества и недостатки использования каждого из типов фундаментов под колонны каркасных зданий.

**фундамент под колонну, каркасное здание, технологичность, технико-экономический показатель, продолжительность выполнения работ, строительный процесс**

ANDREW HOLYADYNETS

### THE PARTIAL TECHNOLOGICAL ISSUES OF FOUNDATIONS UNDER COLUMNS OF FRAME BUILDINGS

Kiev National University of Civil Engineering and Architecture

The article discusses the most common variants of foundations under columns of frame buildings, their advantages over other types. Effective solutions for which performing the static and dynamic descriptions are suggested. Great attention is paid to the adaptability of different types of foundation structures under the columns of frame buildings. One of the main technical and economic performance indicators of building

processes, namely the duration of work in the construction of structures with sequential and streaming methods are determined. Based on the comparison of performance of different choices of effective design solutions and analyzing the data, the general comparative characteristics are given. Also, the advantages and disadvantages of using each type of foundations under columns of frame buildings are clearly formulated. **foundation under column, frame building, technological, technical and economic parameters, duration of work, the construction process**

**Голядинець Андрій Сергійович** – аспірант кафедри технології будівельного виробництва Київського національного університету будівництва та архітектури. Наукові інтереси: підвищення ефективності технології зведення збірно-монолітних фундаментів під колони каркасних будівель.

**Голядинец Андрей Сергеевич** – аспирант кафедры технологии строительного производства Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: повышение эффективности технологии возведения сборно-монолитных фундаментов под колонны каркасных зданий.

**Holyadynets Andrew** – post-graduate student, Construction Technology of Producing Department, Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: include efficiency technology of monolithic footings of steel buildings.

УДК 691.33:624.138.232.1

**А. П. НОВИЦКИЙ, А. П. ПАВЛОВ, А. И. ТЕЛИЧЕНКО, В. И. ШУШКЕВИЧ**  
Сумской национальный аграрный университет

## **ГРУНТОБЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА**

В Сумской области широкое применение получили сваи, возводимые на месте строительства: буронабивные, буроинъекционные, в пробитых скважинах. Стволы этих свай выполняются с применением традиционных вяжущих и заполнителей. В настоящей статье рассмотрены вопросы применения для этих целей местных материалов и отходов производств, обобщен уже имеющийся практический опыт.

**буронабивные сваи, буроинъекционные сваи, грунтофибробетон, шлакощелочной грунтобетон, щеберит**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В настоящее время буроинъекционные сваи все чаще создаются по технологии так называемого «полого шнека», когда по мере извлечения бурового шнека из скважины сквозь него под давлением подается бетонная смесь, формирующая собственно сваю. После этого в эту смесь вдавливают либо погружают под воздействием вибраторов арматурный каркас. Эта операция на практике трудно осуществима, особенно при длине свай более 6 метров, когда в процессе погружения нередко наступает преждевременный «отказ». Эта реальная практическая проблема требует решения, которое обеспечило бы уже сегодня бесперебойность устройства фундаментов в сложных гидрогеологических условиях, являясь при этом экономически целесообразным.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Анализ литературных источников, существующего оборудования для создания буроинъекционных свай методом «полого шнека», имеющегося опыта приготовления и применения так называемого «грунтобетона» на местных мелкозернистых заполнителях позволяют предложить вместо арматурного каркаса и крупного заполнителя (щебня) грунтофибробетонную смесь, подаваемую в ствол сваи непосредственно через полый шнек сваи при его извлечении.

Обеспечение технологичности конструктивных решений современных зданий и сооружений с одновременным снижением себестоимости всегда оставалось в поле зрения строительной науки.

Объектами пристального исследования в этой связи выступают местные строительные материалы в их сочетании с эффективными компонентами конструктивных форм и разновидностей монолитного железобетона. Благодаря известным преимуществам сталефибробетона вопросы оптимизации его состава и расширения сфер использования являются объектами изучения многих современных исследователей [1–4]. Появление новых строительных машин и механизмов открывают новые возможности успешного применения грунтоцементного сталефибробетона в строительстве с использованием при этом целого ряда местных строительных материалов и отходов [5–7].

### **ЦЕЛИ**

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы предложить решение вышеизложенной реальной практической проблемы, обеспечив при этом максимальную экономическую эффективность, использование доступных местных строительных материалов, а также последних достижений строительной науки в области эффективных грунтоцементных сталефибробетонов.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Грунтофибробетон является разновидностью дисперсно-армированного железобетона и изготавливается из модифицированного почвенно- или песчано-цементного раствора, в котором в качестве арматуры используются стальные или полимерные фибры, равномерно распределенные по объему бетона. Совместность работы бетона и фибр обеспечивается за счет сцепления по их поверхности и анкеровки фибры за счет периодического профиля и ее кривизны в продольном и поперечном направлении.

Сталефибробетонные конструкции в зависимости от армирования подразделяются на:

- с фибровым армированием, при армировании стальными фибрами, равномерно распределенными по объему элемента;
- с комбинированным армированием, при армировании стальными фибрами в сочетании со стержневой или проволочной арматурой (как в железобетоне).

Применительно к буроналивным сваям технология применения грунтофибробетона позволяет либо вовсе отказаться от арматурного каркаса, либо сохранить его в верхней части свай для связи с элементами ростверка. Предложенная технология создания буроналивных свай обладает большой гибкостью и многовариантностью с точки зрения как состава нагнетаемой смеси, так и возможных комбинаций фибробетон-арматура. При этом используются наиболее выигрышные свойства фибробетона по сравнению с традиционным железобетоном:

- повышенные трещиностойкость, ударная вязкость, вязкость разрушения (рис. 1, 2), износостойкость, морозостойкость, сопротивление кавитации;



**Рисунок 1** – Характер разрушения неармированного образца грунтобетона.



**Рисунок 2** – Характер разрушения образца грунтобетона со стальной фиброй.

- пониженная усадка и ползучесть;
- снижение трудозатрат на арматурные работы, повышение степени механизации производства.

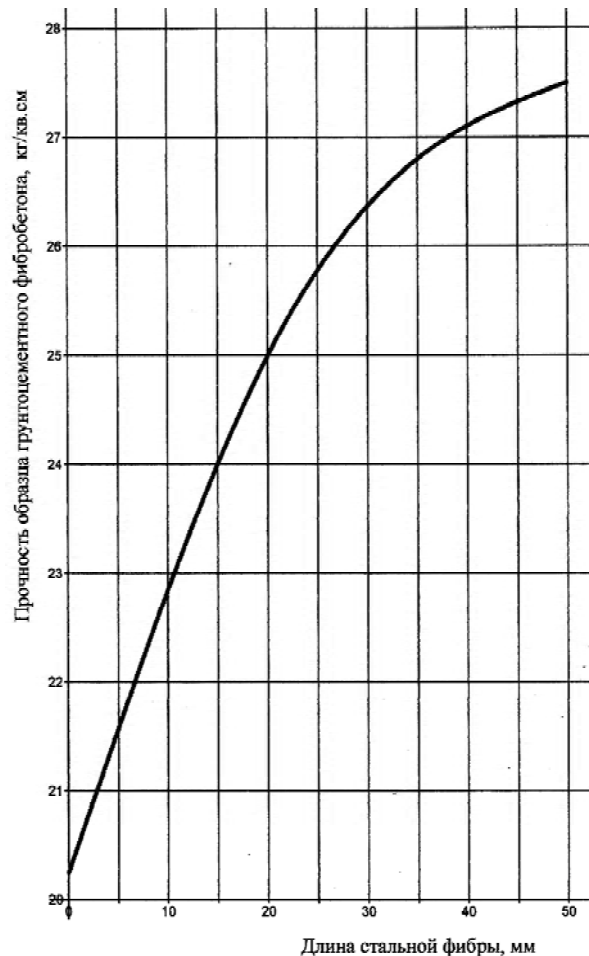
Поэтому с целью обеспечения работы буроналивных свай преимущественно на сжатие (с возможностью при этом обеспечить достаточную работу на растяжение и изгиб), предлагается для жилого дома устройство свайного фундамента с использованием так называемого «низкого» ростверка и включением в работу грунтового основания. При такой расчетной схеме открывается возможность использования фибробетона и непосредственно в ростверке с сохранением традиционного армирования в его растянутой зоне.

Для приготовления фибробетона при монолитном строительстве, а также для беспроемной и малоэнергоёмкой технологии наиболее предпочтительным является портландцемент ПЦ500. Проведенные исследования позволили выявить зависимость прочности грунтофибробетона ( $R$ ) на основе ПЦ500 от длины применяемой стальной фибры ( $L$ ), которая приведена на рис. 3.

Эта зависимость может быть с достаточно высокой точностью аппроксимирована выражением:

$$R = 21,0361 \cdot 1,0061584^L, \text{ кг/см}^2. \quad (1)$$

Средний расход фибры для конструкций жилищного строительства составляет 30–80 кг/м<sup>3</sup> (в зависимости от напряженного состояния элементов).



**Рисунок 3** – Влияние длины стальной фибры на прочность грунтоцементного образца.

Работы по устройству буроналивных свай по методу «полого» шнека планируется выполнять буровым немецким агрегатом Bauer RG-20 с подачей бетона бетононасосом SHWING BPL-160 (технология CFA). Максимальная длина скважины при этом может составлять до 20 метров. Возможные диаметры скважины: 420, 520, 620 мм.

Преимущества данного метода:

- производство свай в самых сложных гидрогеологических условиях;
- отсутствие вибрации и высоких шумов в процессе производства (возможность возводить сваи в плотной городской застройке);
- электронный контроль качества работ (компьютер рисует сваю, которая получилась в грунте).

Таким образом, применение конструктивного решения фундамента жилого дома с использованием буроналивных свай из грунтофибробетона и «низкого» ростверка с комбинированным армированием позволяет рассчитывать на экономический эффект за счет исключения затрат на щебень, изготовление и установку традиционных армокаркасов свай (нередко дополнительно усиленных для обеспечения устойчивости при вдавливании), упрощения армокаркаса ростверка, а также сокращения затрат на приготовление фибробетонной смеси благодаря применению фибры из отработавших свой срок канатов грузоподъемных машин и использованию недорогих местных нерудных строительных материалов в качестве заполнителя.

#### *Грунтобетоны на мелкозернистых песках*

Исследована возможность приготовления грунтобетонов классов В3,5 и В5,0 на портландцементе с учетом опыта применения зимних кладочных цементно-песчаных растворов марок М25....М100, приготовленных на горных мелкозернистых песках с  $M_{кр} \leq 1,1$ , с введением пластифицирующих добавок или без них. Такие кладочные растворы прошли многолетнюю проверку в строительных организациях Сумщины [5].

Расход цемента в составе грунтобетона можно выразить формулой:

$$Q_{\text{ц}} = a \cdot \sqrt{R_{\text{сж}}} - b, \text{ кг/м}^3 \quad (2)$$

где  $Q_{\text{ц}}$  – расход цемента для заданной прочности грунтобетона на сжатие  $R_{\text{сж}}$ , кг/см<sup>2</sup>;  
 $a$  – коэффициент, зависящий от прочности на сжатие проектируемого грунтобетона;  
 $b$  – коэффициент, зависящий от вида примененного пластификатора, качества песка и вида цемента.

Значения коэффициента «а» по опытным данным находятся в пределах:

марка цемента	коэффициент «а»
M300	35
M400	30
M500	26

Значения коэффициента «b» приведены в табл. 1.

**Таблица 1** – Значения коэффициента «b»

Марка цемента	Вид грунтобетона	
	без пластификатора	с добавкой подмыленного щелока
300	3	23
400	–8	14
500	–15	3

В таблице 2 приведены сравнительные данные по расходу цемента, полученные по формуле (1), и взятые по лабораторным подборам составов.

**Таблица 2** – Сравнительные данные по расходу цемента на 1 м<sup>3</sup> грунтобетона

Вид грунтобетона	Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	
	по формуле (1)	по лабораторному подбору состава бетона
Цементно-песчаный без пластификатора, прочностью $R_{\text{сж}}$ , кг/см <sup>2</sup> :		
	20	172
45	220	170
Цементно-песчаный с добавкой подмыленного щелока, прочностью $R_{\text{сж}}$ , кг/см <sup>2</sup> :		
	20	147
45	207	130
		188

В качестве пластификатора применен подмыленный щелок (отходы мыловаренного производства) в количестве 0,2 кг твердого осадка, содержащего около 45 % жирных кислот. Осадок растворяется в подогретой до 60...70 °С воде и вводится в состав грунтобетона с водой затворения. Введение пластификатора позволяет снизить расход цемента до 20 %.

В исследованиях использован горный мелкозернистый песок с  $M_{\text{кр}} \leq 1,1$ , содержащий до 10 % пылеватых и илесто-глинистых примесей, в том числе до 3 % глины.

Разработанный грунтобетон рекомендуется для заливки стволов буронабивных свай и фундаментов в пробитых скважинах.

#### *Шлакощелочной грунтобетон на супесчаных, суглинистых грунтах и их смесях*

Получение высокопрочных грунтобетонных клинкерных цементах практически невозможно, т. к. в них активными веществами служат соединения щелочеземельных металлов, в основном кальция. Невысокая активность кальция требует значительного расхода вяжущего и применения в бетонах заполнителей с ограниченным содержанием тонкодисперсных включений, особенно глины, обладающих более развитой удельной поверхностью в сравнении с цементом.

В пятидесятых годах прошлого века появилось новое гидравлическое вяжущее на основе тонкомолотого доменного гранулированного шлака и щелочных компонентов, наиболее активным из которых является низкомолекулярное жидкое натриевое стекло (с  $M_c = 1...2$ ).



Проведенные исследования взаимодействия тонкодисперсных частиц заполнителей бетона с натриевым жидким стеклом показали, что пылеватые и глинистые частицы активно связывают  $\text{Na}_2\text{O}$  в процессе твердения шлакощелочного вяжущего. Физико-химические свойства шлакощелочного вяжущего позволяют применять в бетонах заполнители, содержащие до 20 % пылеватых и глинистых примесей, при этом содержание глины не должно превышать 10 % массы шлака в бетоне [6].

С учетом сказанного сырьевая база заполнителей бетона значительно расширяется, включая мелкозернистые пески, супеси, суглинки и их смеси.

Вяжущее шлакощелочное получается путем измельчения гранулированных шлаков (в том числе и ваграночных кислых Сумского завода «Центролит») и затворения их водными растворами соединений щелочных металлов натрия или калия, дающих щелочную реакцию в водной среде.

Для измельчения шлака могут использоваться шаровые, струйные и другие мельницы, обеспечивающие тонкость помола не менее  $3\,000\text{ см}^2/\text{г}$  по прибору ПСХ-2 (остаток на сите № 008 с  $4\,900\text{ отв./см}^2$  не должен превышать 15 % веса пробы). Затворение шлака производится водными растворами силикатных и несиликатных соединений щелочных металлов. Количество сухого щелочного компонента обуславливается заданной плотностью раствора, контролируемой ареометром. При работе в Сумских строительных организациях пользовались данными, приведенными в табл. 3.

**Таблица 3** – Плотность водных растворов соединений щелочных металлов (при  $t = +20\text{ }^\circ\text{C}$ )

Плотность, $\text{г/дм}^3$	Содержание сухого вещества в 1 л, г				
	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ (техническая сода)	$\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2^*$	$\text{Na}_2\text{O}\cdot 1,8\text{SiO}_2^{**}$	Плав соды кальцинированной***	Содо- сульфатная смесь****
1 100	103	108	110	110	178
1 150	165	172	175	174	290
1 200	222	237	252	242	
1 250		298	295	290	

Примечания:

\* – отходы Сумского Химпрома.

\*\* – Сварена опытная партия (180 т) силикатной глыбы.

\*\*\* – Плав соды кальцинированной поставки Черкасского ПО «Азот» по ТУ113-03-479-86 (отходы производства капролактама).

\*\*\*\* – Содо-сульфатная смесь марки «А» поставки Чирчикского ПО «Электрохимпром» по ТУ113-02-23-19-83 (отходы производства).

На основе шлакощелочных вяжущих разработаны и массово применены мелкозернистые бетоны классов В3,5; В5; В7,5 на горных песках с  $M_{кр} \geq 0,8$ .

Применение более мелких песков, супесей, суглинков и их смесей возможно после предварительной лабораторной проверки, при этом содержание тонкодисперсных частиц не должно превышать вышеприведенных пределов.

Подбирать составы мелкозернистого шлакощелочного бетона следует экспериментальным путем, с учетом свойств тонкомолотого шлака, щелочного компонента и мелкозернистого заполнителя, варьируя соотношением шлака и заполнителя в пределах от 1:3 до 1:6 и разной плотностью водного щелочного раствора затворения бетонной смеси. Ориентировочно можно воспользоваться формулой:

$$Ш = \frac{П}{12 - 0,43 \cdot (R_{сж} - 50)}, \text{ кг/м}^3 \quad (3)$$

где  $Ш$  – расход молотого шлака,  $\text{кг/м}^3$ ;

$П$  – масса сухого мелкозернистого заполнителя,  $\text{кг/м}^3$ ;

$R_{сж}$  – требуемая прочность грунтобетона на сжатие,  $\text{кг/см}^2$ .

Расход компонентов вяжущего на  $1\text{ м}^3$  грунтобетона должен находиться в пределах:

– тонкомолотого шлака: min – 200 кг; max – 500 кг;

– щелочного компонента: min – 18 кг; max – 49 кг.

#### *Шлакощелочные бетоны на щеберите*

Щеберит – это отходы Глуховского щебеночного карьера в Сумской области, существующего уже более 110 лет. Щеберит представляет собой песчано-щебеночную смесь, состоящую из кварцевого

песка и остроугольных зерен раздробленного кварцитового камня, содержание которых составляет 12...17 % по массе. В составе щеберита присутствуют также тонкодисперсные частицы в среднем около 12 %, в том числе до 5 % глины, обволакивающей песчинки тонкой пленкой и придающей щебериту желто-оранжевую окраску.

Гранулометрический и химический составы компонентов щеберита представлены в табл. 4 и 5.

**Таблица 4** – Гранулометрический состав щеберита

Остатки в %	Размеры отверстий сит, мм							
	10	5	3	1,2	1,63	0,315	0,15	дно
Частные	1	7	7	3	2	3,5	64	12,5
Полные	1	8	15	18	20	23,5	87,5	100

**Таблица 5** – Химический состав компонентов щеберита

Наименование	п.п.п.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Сумма
Щебень		98,79	0,14	0,16	0,10	0,12			99,31
Песок	0,53	95,7	0,61	0,80		0,56	0,4	следы	98,07
Глина	6,86	79,54	8,72	3,21	следы	0,76	0,45	следы	99,44

Минералогический состав щебня представлен в основном кварцем. Временное сопротивление сжатию находится в пределах 1 200...2 300 кг/см<sup>2</sup>; пористость 5,18 %; водопоглощение 0,36...4,43 %; сопротивление удару 50...140 ударов; износ в барабане Деваля 5,8...9,5 %; абсолютная плотность 2,64 г/см<sup>3</sup>.

Песок в основном состоит из кварца, содержащего некоторое количество гранита, ильманита, термалина и ставролита.

Тонкодисперсная составляющая щеберита представлена минералами кварца, гидрослюдой, каолинита, кальцита и гидроокислами железа. Содержание ее в составе щеберита значительно превышает допустимое стандартами для тяжелых бетонов, что является основной причиной складирования щеберита в отвалы, запасы которых оцениваются в 10 млн м<sup>3</sup>. Как комплексный заполнитель в цементных бетонах и асфальтобетонах щеберит не пригоден.

В шлакощелочных бетонах тонкодисперсная фракция щеберита активно взаимодействует со щелочным компонентом вяжущего, образуя водонерастворимые соединения, что позволяет применять щеберит в качестве комплексного заполнителя без его обогащения. Нами разработаны составы шлакощелочного бетона на щеберите классов В10...В30 с объемной плотностью ~ 2 200 кг/м<sup>3</sup>, прошедшие многолетнюю производственную проверку. Исследованы также свойства шлакощелочного бетона на щеберите в аспекте прочности, морозостойкости, коррозионной стойкости к воздействию сред животноводческих зданий, стойкости к попеременному увлажнению и высыханию, деформациям усадки и набухания. Исследованы свойства шлакощелочных вяжущих и возможности их регулирования. Обобщен технологический опыт приготовления бетонной смеси, укладки ее и выдерживания бетона в построечных и заводских условиях. Налажен массовый выпуск фундаментных блоков, бордюров, кормушек, товарного бетона [9]. Разработана техническая документация (стадия КМД) установки по приготовлению и подаче в дозаторы БСУ водных щелочных растворов затворения бетонной смеси.

## ВЫВОДЫ

Использование грунтоцементного сталефибробетона является реальным решением проблемы затруднительного, а порой и невозможного погружения арматурных каркасов в тело буроинъекционных свай, сооружаемых по технологии «полого шнека». Это достигается за счет отказа от крупного заполнителя (щебня), а также, в ряде возможных случаев, и от самого арматурного каркаса или его части путем замены их грунтоцементным сталефибробетоном с заранее задаваемыми прочностными характеристиками, которыми можно управлять посредством современных высокоэффективных добавок, а также путем использования шлакощелочных бетонов на уникальных местных заполнителях, представляющих несомненный интерес как для сегодняшнего практического использования, так и для дальнейших исследований.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пермикин, А. С. Влияние геометрических параметров фибр на приготовление и укладываемость сталефибробетона [Текст] / А. С. Пермикин, И. Г. Овчинников // Материалы Всеукраинской Интернет-конференции молодых ученых и студентов «Проблемы современного строительства» (21–22 ноября 2012 года) / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, ПолтНТУ. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – С. 205–208.
2. Юрко, И. А. Высокопрочный дисперсно-армированный бетон [Текст] / И. А. Юрко // Материалы Всеукраинской Интернет-конференции молодых ученых и студентов «Проблемы современного строительства» (21–22 ноября 2012 года) / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, ПолтНТУ. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – С. 262–264.
3. Янковский, Л. В. Применение пластификатора и пленкообразующего препарата для увеличения стойкости цементобетонных конструкций [Текст] / Л. В. Янковский // Материалы Всеукраинской Интернет-конференции молодых ученых и студентов «Проблемы современного строительства» (21–22 ноября 2012 года) / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, ПолтНТУ. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – С. 265–268.
4. Грано, Н. В. Химические процессы в системе бетонной смеси и присутствии химической добавки «Релаксол» [Текст] / Н. В. Грано // Вісник Сумського національного аграрного університету: науковий журнал / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, СумНАУ. – Суми, 2011. – Вип. 10: Будівництво. – С. 27–29.
5. Павлов, О. П. Залежність міцності розчину від витрати цементу [Текст] / О. П. Павлов, Л. М. Фомиця // Будівельні матеріали і конструкції. – К. : Будівельник, 1971. – № 1. – С. 35–37.
6. Васильева, Т. А. Взаимодействие шлакосиликатного вяжущего с пылеватыми и глинистыми добавками [Текст] / Т. А. Васильева, В. В. Константинов, А. П. Павлов // Строительные материалы. – М. : Стройиздат, 1975. – № 9. – С. 29–30.
7. Павлов, А. П. Комплексные исследования шлакощелочного бетона на щеберите [Текст] / А. П. Павлов // Вісник Сумського національного аграрного університету: науковий журнал / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, СумНАУ. – Суми, 2011. – Вип. 10: Будівництво. – С. 40–44.

Получено 10.09.2013

О. П. НОВИЦЬКИЙ, О. П. ПАВЛОВ, О. І. ТЕЛІЧЕНКО, В. І. ШУШКЕВИЧ  
ГРУНТОБЕТОНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІСЦЕВОЇ СИРОВИНИ Й  
ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА  
Сумський національний аграрний університет

У Сумській області широке застосування одержали палі, що будуються безпосередньо на місці будівництва: буронабивні, буроін'єкційні, у пробитих шпарах. Стовбури цих паль виконуються із застосуванням традиційних в'язучих та заповнювачів. У наданій статті розглянуто питання застосування для цих цілей місцевих матеріалів і відходів виробництв, узагальнено наявний практичний досвід.

**буронабивні палі, буроін'єкційні палі, грунтофібробетон, шлаколузний грунтобетон, щеберит**

ALEXANDER NOVITSKIY, ALEXEY PAVLOV, ALEXANDER TELICHENKO,  
VIACHESLAV SHUSHKEVYCH  
SOIL CONCRETE WITH USING OF THE LOCAL MATERIALS AND THE WASTE  
MATERIALS OF THE INDUSTRIAL PRODUCTION  
Sumy National Agrarian University

In the Sumy area bored and cast-in-place piles and root piles, raised in the building site have received a wide using. The bodies of these piles are carried out with using of the traditional concrete and components. In present article the questions of application for these purposes of local materials and a waste of manufactures have been considered, already available practical experience has been summarized.

**cast in place piles, soil fiber concrete, slag alkali soil concrete, scheberit**

**Новицький Олександр Павлович** – аспірант кафедри будівельних конструкцій Сумського національного аграрного університету. Наукові інтереси: сучасні методи фундаментобудування, вдосконалення якісних характеристик будівельних матеріалів і конструкцій.

**Павлов Олексій Павлович** – доцент кафедри будівельного виробництва Сумського національного аграрного університету. Наукові інтереси: використання місцевих матеріалів та відходів промислового виробництва у будівництві.

**Теліченко Олександр Іванович** – доцент кафедри будівельного виробництва Сумського національного аграрного університету. Наукові інтереси: використання місцевих матеріалів та відходів промислового виробництва у будівництві.

**Шушкевич Вячеслав Ілліч** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельного виробництва Сумського національного аграрного університету. Наукові інтереси: діагностика будівельних конструкцій, оптимізація будівельних конструкцій, математичне моделювання та економіка будівельних конструкцій.

**Новицкий Александр Павлович** – аспирант кафедры строительных конструкций Сумского национального аграрного университета. Научные интересы: современные методы фундаментостроения, усовершенствование качественных характеристик строительных материалов и конструкций.

**Павлов Алексей Павлович** – доцент кафедры строительного производства Сумского национального аграрного университета. Научные интересы: использование местных материалов и отходов промышленного производства в строительстве.

**Теличенко Александр Иванович** – доцент кафедры строительного производства Сумского национального аграрного университета. Научные интересы: использование местных материалов и отходов промышленного производства в строительстве.

**Шушкевич Вячеслав Ильич** – кандидат технических наук, доцент кафедры строительного производства Сумского национального аграрного университета. Научные интересы: диагностика строительных конструкций, оптимизация строительных конструкций, математическое моделирование и экономика строительных конструкций.

**Novitskiy Alexander** – post-graduate student, Building Structures Department, Sumy National Agrarian University. Scientific interests: modern methods of foundation engineering, improving qualitative characteristics of building materials and structures.

**Pavlov Alexey** – associate professor, Building Construction Department, Sumy National Agrarian University. Scientific interests: usage of the local materials and the waste materials of the industrial production in construction.

**Telichenko Alexander** – associate professor, Building Construction Department, Sumy National Agrarian University. Scientific interests: usage of the local materials and the waste materials of the industrial production in construction.

**Shushkevych Viacheslav** – PhD (Eng), associate professor, Building Construction Department, Sumy National Agrarian University. Scientific interests: diagnostic of the building structures, optimization of the structures, modeling and economic of the building structures.

УДК 691.002.8(477.62)

**В. А. ПЕНЧУК, В. М. ДАЦЕНКО**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДПРЕССОВКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ВРЕМЯ СОРТИРОВКИ**

Исследовано влияния подпрессовки ТБО на время сортировки, установлена рациональная последовательность извлечения фракций ТБО при сортировке, даны рекомендации по применению блочных и мобильных установок по сортировке ТБО.

**сортировка, бытовые отходы, вторсырье, морфологический состав, степень сжатия**

### **АКТУАЛЬНОСТЬ**

Технология сортировки бытовых отходов приобретает все большее и большее распространение. В Японии на государственном уровне запрещено сжигание бытовых отходов, при этом пропагандируется повсеместное применение технологии раздельного сбора ТБО каждым из жителей [1]. На практике при переработке ТБО широко применяются заводы по сортировке, при этом доставка ТБО производится специализированными машинами, в которых для увеличения объема перевозимых отходов производится их сжатие в процессах их сбора.

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ**

Экологической проблеме связанной с твердыми бытовыми отходами в последнее время уделено достаточно много внимания. В работе [2] рассматриваются различные административно-экономические аспекты мусороудаления и уборки населенных пунктов.

Современные тенденции в области управления, мониторинга, технических решений, связанных с вопросом об отходах и современных способах их переработки проанализированы в работах [3, 4].

В работе [5] говорится об организации раздельного сбора ТБО непосредственно в местах их образования. Показано, что элементом в успешной реализации масштабных схем раздельного сбора ТБО является вовлечение и участие в нем населения.

В работах [6, 7] рассмотрены проблемы утилизации отходов, различные способы утилизации и переработки.

**Цель работы** состоит в установлении влияния степени подпрессовки ТБО на время их сортировки.

Исследования влияния степени прессования ТБО на время сортировки были проведены в лабораториях кафедры ПТСДМО ДонНАСА. Для этого был разработан специальный экспериментальный стенд для прессования ТБО (рис. 1). В процессе проведения исследования проводилась сортировка продуктов ТБО, которые предварительно сжимались степенью сжатия  $\zeta$ , равной 0, 2 и 4. Кинограмма сжатия представлена на рис. 2, а результаты исследования приведены в табл. 1.

Максимальная степень сжатия 4 принималась из тех соображений, что наиболее распространенные мусоровозы ТБО имеют степень сжатия до 4.

В процессе экспериментальных исследований по сортировке фракций ТБО была установлена следующая рациональная последовательность извлечения фракций из состава ТБО: бумага, металл, пластик и в последнюю очередь стекло. Зависимости времени сортировки с учетом последовательности отбора фракций ТБО при различных степенях сжатия приведена в таблице 1 и на рисунке 3.

При разработке методики экспериментальных исследований был использован трехфакторный план Бокса-Бенкина, уровни варьирования факторов при каждой ступени сжатия приведены в таблице 2.



**Рисунок 1** – Общий вид станда прессования ТБО: 1 – привод; 2 – рама станда; 3 – ящик имитирующий кузов мусоровоза; 4 – датчик измерения усилия прессования; 5 – прессующая плита; 6 – ЭВМ; 7 – блок питания усилителя; 8 – контроллер national instruments для преобразования сигнала; 9 – четырехканальный усилитель; 10 – блок частотного регулирования привода.



**Рисунок 2** – Кинограмма сжатия ТБО: а)  $\zeta = 0$ ; б)  $\zeta = 2$ ; в)  $\zeta = 4$ .

**Таблица 1** – Экспериментальные данные зависимости времени сортировки от последовательности отбора фракций ТБО

Ст. сжатия	Первый отбор	Второй отбор	Третий отбор	Время сортировки, с
0	металл	бумага	пластик	80
0	пластик	металл	бумага	65
0	бумага	пластик	металл	50
0	металл	пластик	бумага	93
0	пластик	бумага	металл	81
0	бумага	металл	пластик	47
2	пластик	металл	бумага	73
2	бумага	металл	пластик	66
2	бумага	пластик	металл	68
2	металл	пластик	бумага	104
2	металл	бумага	пластик	93
2	пластик	бумага	металл	94
4	металл	пластик	бумага	111
4	бумага	металл	пластик	77
4	пластик	бумага	металл	107
4	пластик	металл	бумага	87
4	бумага	пластик	металл	81
4	металл	бумага	пластик	102

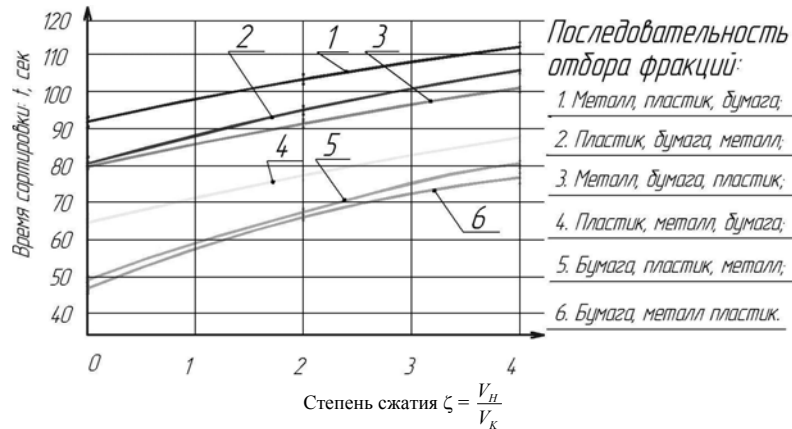


Рисунок 3 – Зависимости времени сортировки от степени сжатия и последовательности отбора фракций ТБО.

Таблица 2 – Уровни варьирования факторов при каждой ступени сжатия

Степени сжатия	Уровни факторов и их интервал варьирования			
Степени сжатия 0				
Время сжатия металла $x_1$ , с	24	18	12	6
Время сжатия бумаги $x_2$ , с	34	25	16	9
Время сжатия пластика $x_3$ , с	36	24	12	12
Степени сжатия 2				
Время сжатия металла $x_1$ , с	29	23	17	5
Время сжатия бумаги $x_2$ , с	36	30	24	6
Время сжатия пластика $x_3$ , с	37	27	17	10
Степени сжатия 4				
Время сжатия металла $x_1$ , с	30	23	16	7
Время сжатия бумаги $x_2$ , с	42	37	32	5
Время сжатия пластика $x_3$ , с	38	27	16	11

При обработке результатов экспериментальных исследований была установлена статистическая однородность дисперсий по критерию Кохрена, составлены уравнения регрессии для времени, затрачиваемого на сортировку твердых бытовых отходов

$$\begin{aligned}
 \zeta = 0; & y = 39,44 + 2,542x_1 + 1,208x_3 - 3,875x_1x_2 - 2,875x_1x_3 - 0,875x_2x_3 + \\
 & + 31,245x_1^2 + 8,432x_2^2 + 1,04x_3^2, \\
 \zeta = 2; & y = 68,24 + 3,5x_1 + 1,667x_3 - 4,25x_1x_2 - 3,5x_1x_3 - 2,083x_2x_3 + \\
 & + 13,254x_1^2 + 10,114x_2^2, \\
 \zeta = 4; & y = 89,486 + 2,75x_1 + 1,654x_3 - 3,25x_1x_2 - 2,5x_1x_3 - 1,833x_2x_3 + \\
 & + 9,539x_1^2 + 1,593x_2^2 + 1,593x_3^2.
 \end{aligned} \quad (1)$$

На основании канонического анализа установлено, что координаты центров гиперповерхностей составляют:

$$\begin{aligned}
 \zeta = 0; & x_{1s} = -0,07671, x_{2s} = -0,05445, x_{3s} = -0,07097, y = 39,01785, \\
 \zeta = 2; & x_{1s} = 0,276831, x_{2s} = 0,335137, x_{3s} = 2,689689, y = 70,96631, \\
 \zeta = 4; & x_{1s} = -0,90253, x_{2s} = -2,43183, x_{3s} = -2,6265, y = 86,07282.
 \end{aligned} \quad (2)$$

После определения корней характеристического уравнения уравнение (1) представлено в канонической форме:

$$\begin{aligned}
 \zeta = 0; & y - 39,01785 = 1,01z_1^2 + 32,216z_2^2 + 7,492z_3^2, \\
 \zeta = 2; & y - 70,96631 = -0,394z_1^2 + 14,418z_2^2 + 3,346z_3^2, \\
 \zeta = 4; & y - 86,07282 = -0,729z_1^2 + 8,86z_2^2 + 3,869z_3^2.
 \end{aligned} \quad (3)$$

Исследования уравнений регрессий позволили сделать следующие выводы: при степени сжатия 0 поверхностью отклика является параболоид и в центре фигуры минимум, при степени сжатия 2 и 4 поверхностью – двухполостная гиперболаид и в центре фигуры – минимакс.

## ВЫВОДЫ

1. При степени сжатия ТБО равной  $\zeta = 4$  время на сортировку возрастает на 30 %, поэтому целесообразно проводить сортировку без предварительной подпрессовки.
2. Рациональная последовательность сортировки бумага – металл – пластик – стекло, бумага – пластик – металл – стекло.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ и оценка зарубежного опыта обращения с твердыми бытовыми отходами [Текст] / [Ю. М. Лихачев, М. Я. Федашко, С. В. Селиванова и др.]. – СПб. : Рос. муницип. акад., 2008. – 265 с.
2. Бабанин, И. В. Оценка эффективности раздельного сбора отходов [Текст] / И. В. Бабанин // Твердые бытовые отходы. – 2006. – № 7. – С. 40–43.
3. Краснянский, М. Е. Утилизация и рекуперация отходов [Текст] : учеб. пособие / М. Е. Краснянский ; Донецкий нац. техн. ун-т. – 2-е изд., испр. и доп. – Х. : БУРУН и К ; К. : КНТ, 2007. – 288 с. – ISBN 978-966-8391-04-0.
4. Любарская, М. А. Организация обращения с твердыми бытовыми отходами [Текст] : учеб. пособие / М. А. Любарская. – СПб. : СПбГИЭУ, 2004. – 154 с.
5. Бухгалтер, Э. Б. Обращение с отходами как важнейшее направление устойчивого развития в странах Европейского Союза [Текст] / Э. Б. Бухгалтер, Б. О. Будников, О. А. Будникова // Экология производства. – 2004. – № 10. – С. 45–57.
6. Пенчук, В. А. Основы механизации малообъемных и рассредоточенных строительных и коммунальных работ [Текст] : Монография / В. А. Пенчук, В. М. Даценко, В. В. Пенчук. – Донецк : изд-во «Ноулидж» (Донецкое отд.), 2011. – 265 с.
7. Пенчук, В. О. Використання блочних та мобільних установок для ефективного поводження з твердими побутовими відходами [Текст] / В. О. Пенчук, В. М. Даценко // Збірка доповідей національного екологічного форуму «Екологія промислового регіону». Том 1 / М-во екології та природних ресурсів України, Донецька обл. держ. адміністрація, Донецька обл. рада, Держ. управління охорони навколишнього середовища в Донецькій обл., Держ. підприємство «Донецький екологічний ін-т», Донецьк : [б. и.], 2012. – С. 146–151.

Получено 08.10.2013

В. О. ПЕНЧУК, В. М. ДАЦЕНКО

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДПРЕСОВКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ЧАС СОРТУВАННЯ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Досліджено вплив підпресовки ТПВ на час сортування. Встановлена раціональна послідовність вилучення фракцій ТПВ при сортуванні. Дано рекомендації щодо застосування блокових і мобільних установок по сортуванню ТПВ.

**сортування, побутові відходи, вторсировина, морфологічний склад, ступінь стиснення**

VALENTYNE PENCHUK, VITALIY DATSENKO

### INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PRE-PRESSURE OF SOLID WASTE AT THE SORTING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The effect of pre-pressure on the sorting of solid waste has been analyzed. A rational sequence of extraction fractions of household waste for sorting. Recommendations on the use of block and mobile facilities for sorting solid waste have been given.

**sorting, waste, recycle, morphological structure, the degree of compression**

**Пенчук Валентин Олексійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Академік ІТМ України. Наукові інтереси: наукові основи модернізації будівельних машин.

**Даценко Віталій Михайлович** – магістр, асистент кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: сучасні тенденції утилізації твердих побутових відходів.



**Пенчук Валентин Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Академик ПТМ Украины. Научные интересы: научные основы модернизации строительных машин.

**Даценко Виталий Михайлович** – магистр, ассистент кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: современные тенденции утилизации твердых бытовых отходов.

**Penchuk Valentyne** – DSc (Eng.), Professor, Head of the Lifting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Academician of PTM of Ukraine. Scientific interests: scientific bases of modernization of build machines.

**Datsenko Vitaliy** – a holder of a master's degree, an assistant professor of the Lifting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modern tendency recycling in the solid household waste (SHW).

УДК 624.8

**А. Н. КЛЁН**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕБЕДКИ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА РАЗВОДНОГО МОСТА**

Статья посвящена определению рационального положения лебедки механизма подъема разводного моста, обеспечивающего как можно меньшее усилие в канате. Рассмотрение схемы процесса подъема разводного моста грузовой лебедкой позволило составить расчетную формулу для определения усилия в канате. Анализ полученной формулы позволил определить факторы, от которых зависит усилие в канате, а также выявить рациональное положение подъемной лебедки относительно шарнира поворота разводного моста.

**разводной мост, лебедка, механизм подъема**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

При невысокой интенсивности движения через несудоходные реки устраиваются мосты относительно простой конструкции на существующем уровне берегов. При эксплуатации подобных сооружений в зимне-весенний период возникает задача пропуска через них талого льда. Особенно остро эта проблема встает при искусственном подрыве речного льда, которое проводится подразделениями МЧС с целью предотвращения подтопления населенных пунктов во время прохождения ледохода. Решить поставленную задачу возможно за счет сооружения разводных мостов. Поскольку необходимость в разведении моста на несудоходных реках появляется лишь несколько раз в году, строить стационарные механизированные приводы разведения на каждом таком мосту нецелесообразно. Осуществлять процесс разведения моста можно за счет лебедки, доставленной на место проведения работ силами МЧС. При этом возникает задача определения оптимальных кинематических и силовых параметров механизма подъема, которые позволили бы осуществить разведение моста заданных размеров и массы, используя с этой целью лебедку минимальной мощности.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В работе [1] приведена классификация существующих разводных мостов, работы [2–4] посвящены конструкции и проектированию разводных мостов, а в работах [5–6] приведены принципы расчета лебедок грузоподъемных механизмов.

### **ЦЕЛЬ СТАТЬИ**

Определить рациональные параметры механизма подъема разводного моста.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

На рисунке 1 показана расчетная схема однокрылового раскрывающегося моста (без противовеса) с лебедкой механизма подъема. Необходимая мощность лебедки определяется выражением:

$$N = S_{\text{ср}} v / \eta_{\text{мех}} \text{ кВт} \quad (1)$$

где  $S_{\text{ср}}$  – среднее значение усилия в канате, кН;  
 $v$  – скорость подъема моста (навивки каната на барабан лебедки), м/с;  
 $\eta_{\text{мех}}$  – КПД механизма подъема.

© А. Н. Клён, 2013

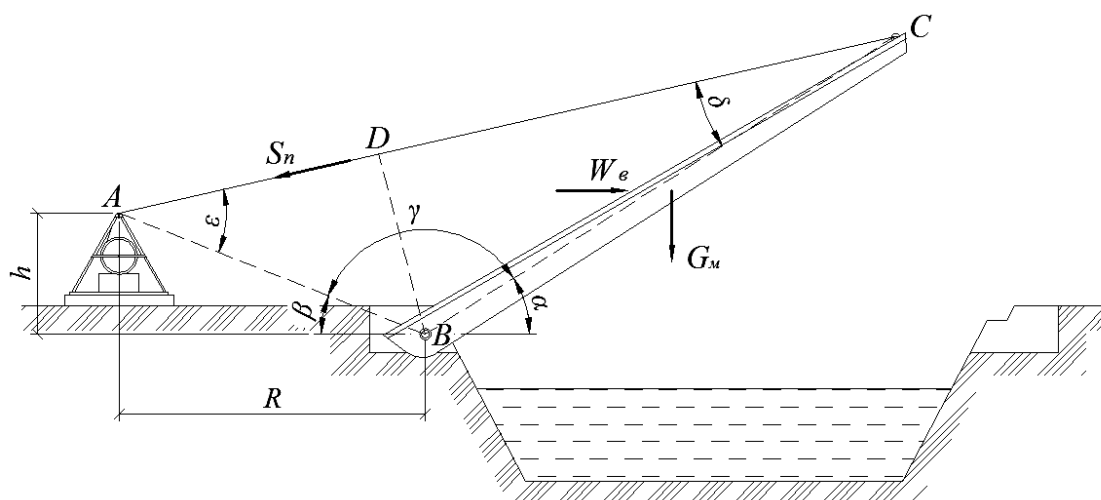


Рисунок 1 – Схема разводного моста с лебедкой механизма подъема.

При одной и той же скорости намотки каната на барабан  $\nu$  и КПД механизма  $\eta_{\text{мех}}$  мощность привода механизма подъема моста будет определяться усилием в канате  $S_n$ . Определим это усилие, рассмотрев равновесие системы относительно шарнира  $B$ :

$$S_n = \frac{0,5l(G_m \cos \alpha + W_b \sin \alpha)}{c}, \text{ кН} \quad (2)$$

где  $G_m$  – вес моста, кН;

$W_b$  – сила ветрового сопротивления, кН;

$l = BC$  – длина моста, м;

$c = BD$  – расстояние от шарнира поворота  $B$  до линии действия усилия  $S_n$ , м.

Из рассмотрения треугольников  $ABC$ ,  $ABD$  и  $BDC$  можно найти, что величина  $c$  определяется выражением:

$$c = \frac{l\sqrt{h^2 + R^2} \cdot \sin[180^\circ - (\alpha + \arctg(h/R))]}{\sqrt{l^2 + h^2 + R^2 - 2l\sqrt{h^2 + R^2} \cdot \cos[180^\circ - (\alpha + \arctg(h/R))]}}, \text{ м} \quad (3)$$

где  $h, R$  – расстояния, определяющие положение точки  $A$  (направляющего блока), т. е. установки лебедки механизма подъема моста.

После подстановки (3) в (2) получим:

$$S_n = \frac{0,5(G_m \cos \alpha + W_b \sin \alpha) \sqrt{l^2 + h^2 + R^2 - 2l\sqrt{h^2 + R^2} \cdot \cos[180^\circ - (\alpha + \arctg(h/R))]}{\sqrt{h^2 + R^2} \cdot \sin[180^\circ - (\alpha + \arctg(h/R))]} \quad (4)$$

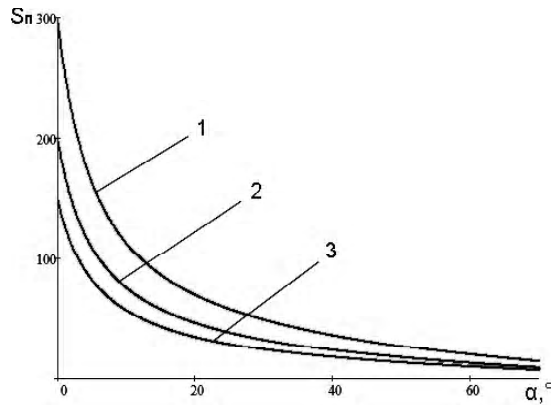
На рисунках 2–4 по формуле (4) построены графики зависимостей усилия в канате  $S_n$  от трех факторов: угла наклона моста  $\alpha$ , расстояний  $h, R$  от направляющего блока  $A$  до шарнира моста  $B$ . А на рисунке 5 показана поверхность отклика  $S_n = f(h, R)$ .

Анализ формулы (4) и графиков на рисунках 2–5 позволяет сделать вывод о том, что усилие в канате  $S_n$  зависит от группы факторов:

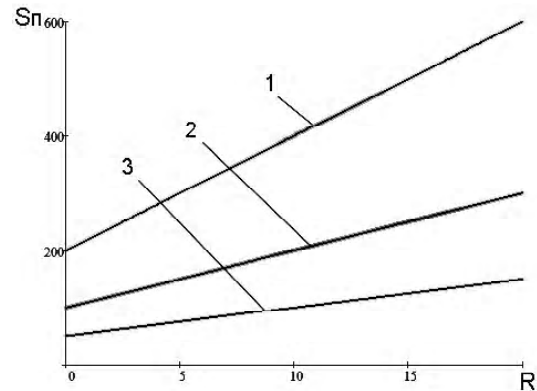
- конструктивных особенностей разводного моста, которые определяют силу тяжести моста  $G_m$  и действующую на него ветровую нагрузку  $W_b$ ;
- угла наклона моста  $\alpha$ , который изменяется в процессе подъема;
- положения подъемной лебедки относительно шарнира  $B$ , определяемого расстояниями  $h$  и  $R$ .

## ВЫВОДЫ

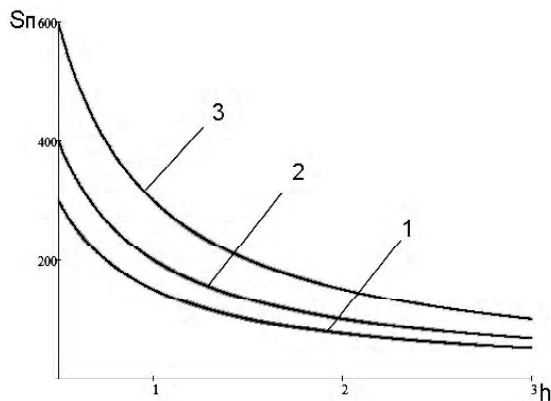
1. Наибольшее усилие в канате механизма подъема моста возникает при следующих значениях изменяемых параметров системы:  $\alpha = 0^\circ$  (горизонтальное положение моста),  $h \rightarrow 0$ ,  $R \rightarrow \max$  (направ-



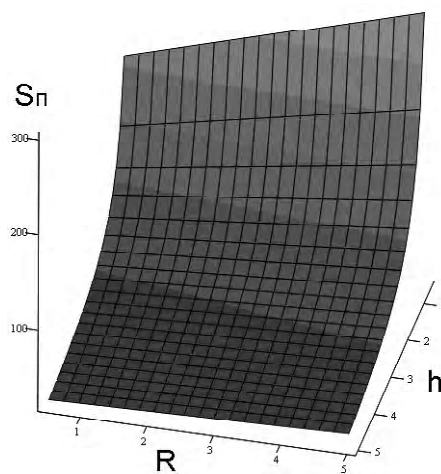
**Рисунок 2** – Зависимость  $S_n = f(\alpha)$ :  
(1)  $h = 0,5$ ,  $R = 5$ ; (2)  $h = 1,0$ ,  $R = 10$ ;  
(3)  $h = 2,0$ ,  $R = 20$ .



**Рисунок 3** – Зависимость  $S_n = f(R)$  (при  $\alpha = 0$ ):  
(1)  $h = 0,5$ ; (2)  $h = 1$ ; (3)  $h = 2$ .



**Рисунок 4** – Зависимость  $S_n = f(h)$  (при  $\alpha = 0$ ):  
(1)  $R = 5$ ; (2)  $R = 10$ ; (3)  $R = 20$ .



**Рисунок 5** – Зависимость  $S_n = f(h, R)$  (при  $\alpha = 0$ ).

ляющий блок  $A$  находится на минимальной высоте и наибольшем расстоянии относительно шарнира поворота разводного моста  $B$ ). Положение моста и лебедки, соответствующее указанному сочетанию параметров, следует принять в качестве расчетного при определении мощности привода механизма подъема моста.

2. С целью уменьшения усилия в канате, а также мощности механизма подъема моста необходимо установить направляющий блок лебедки подъема как можно выше и ближе к шарниру поворота моста. Это и будет рациональным положением лебедки. При необходимости дальнейшего снижения усилия в канате необходимо применять противовесы, расположенные на мостовой балке левее шарнира  $B$ , однако следует иметь в виду, что такая мера приведет к усложнению и удорожанию конструкции разводного моста.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пенчук, В. О. Класифікація та особливості застосування розвідних мостів [Текст] / В. О. Пенчук, М. С. Дьомочкіна // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – Макіївка : ДонНАБА, 2011. – Вип. 2011-6(92) : Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 143–148.
2. Бычковский, Н. Н. Металлические мосты [Текст]. Ч. 1 / Н. Н. Бычковский, А. Ф. Данковцев. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. – 364 с.
3. Руководство по проектированию разводных мостов [Текст] / Под ред. Г. М. Степанова. – Москва : Транспорт, 1990. – 108 с.
4. Проектирование металлических мостов [Текст] : Учебник / А. А. Петропавловский, Н. Н. Богданов, Н. Г. Бондарь [и др.] ; Под ред. А. А. Петропавловского. – М. : Транспорт, 1982. – 320 с.

5. Александров, М. П. Подъемно-транспортные машины [Текст] / М. П. Александров. – М. : Высш. шк., 1985. – 502 с.
6. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин [Текст] : підручник / В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник [та ін.]. – К. : Вища шк., 2009. – 734 с.

Получено 15.10.2013

А. М. КЛЬОН

#### ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ ЛЕБІДКИ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ РОЗВІДНОГО МОСТА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Стаття присвячена визначенню раціонального положення лебідки механізму підйому розвідного моста, що забезпечує якомога менше зусилля в канаті. Розгляд схеми процесу підйому розвідного моста вантажною лебідкою дозволив скласти розрахункову формулу для визначення зусилля в канаті. Аналіз отриманої формули дозволив визначити фактори, від яких залежить зусилля в канаті, а також виявити раціональне положення підйомної лебідки відносно шарніра повороту розвідного моста.

**розвідний міст, лебідка, механізм підйому**

ANDRIJ KLYON

#### DETERMINATION OF THE RATIONAL POSITION OF THE WINCH OF DRAWBRIDGE LIFTING MECHANISM

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article deals with the determination of the rational position of the winch of drawbridge lifting mechanism, which provides the weakest force in the rope. Consideration of the scheme of drawbridge lifting process by the winch allowed to make a calculation formula for determining forces in the rope. Analysis of this formula allowed to determine the factors from which the force in the rope depends, and also to identify the rational position of the winch relative to the drawbridge hinge.

**drawbridge, winch, lifting mechanism**

**Кльон Андрій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: теорія механізмів і машин, транспорт та організація перевезень.

**Клён Андрей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: теория механизмов и машин, транспорт и организация перевозок.

**Klyon Andrij** – PhD (Eng.), associate professor, Lifting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theory of mechanisms and machines, transport and transport organizations.

УДК 69.06.658.012.2

**В. А. ПЕНЧУК <sup>а</sup>, А. В. ДИДЕНКО <sup>а</sup>, Б. Д. ГОЛОЛОБОВ <sup>б</sup>**

<sup>а</sup> Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, <sup>б</sup> Дружковский жилищно-коммунальный колледж ДонНАСА

## **ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ПЕРЕБАЗИРОВКИ ТЯЖЕЛОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ**

В работе рассматриваются вопросы логистической задачи перебазировки тяжелой строительной техники с учетом специфических особенностей городских дорог. Приводятся зависимости для определения минимальных затрат на перебазировку и рекомендации по установлению частных затрат.

**дорога, город, тяжелая техника, тягач, трейлер, логистика**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Современная транспортная логистика решает многие задачи обеспечения технической и технологической сопряженности отдельных участков транспортного процесса. К основным задачам транспортной логистики относят: обеспечение технологического единства транспортно-складских процессов и установление рациональных маршрутов движения. Эти задачи были и будут оставаться актуальными, особенно при перебазировке дорогой тяжелой техники в специфических условиях городских дорог.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Для решения задач транспортной логистики используется различный математический аппарат: теории массового обслуживания, регрессивно-корреляционного анализа, сетевого планирования и управления, линейного программирования, экономического анализа и экономико-математического моделирования.

Перечисленные выше методы в большей мере ориентированы на логические системы, в которых связь между параметрами трудно поддается формализации. Каждый из них имеет свои достоинства, недостатки и область применения [1–5].

### **ЦЕЛИ**

Разработка методики выбора оптимального маршрута перебазировки тяжелой техники в городских условиях.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Особенностью процесса перебазировки тяжелой строительной техники является жесткая зависимость параметров тягача, трейлера и машины в целом, связь между которыми известна и относительно просто формализуется. Кроме того, с помощью современных навигаторов можно четко представить возможные варианты маршрута движения по городским дорогам комплекта машин «тягач – трейлер – тяжелая техника».

Однако в процессах базирования тяжелой строительной техники (ТСТ) приходится принимать ряд нетипичных решений, связанных со следующими проблемами:

- часто высота контактно-кабельных сетей городского транспорта слишком мала;
- во многих случаях плотно городской дороги не в состоянии выдержать нагрузку, которую создает при перевозке ТСТ;

© В. А. Пенчук, А. В. Диденко, Б. Д. Гололобов, 2013

– иногда низкая несущая способность некоторых мостов;  
 – высота груза иногда не позволяет осуществлять проезд под путепроводом;  
 – в зимний период возможна скользкость дорог на подъемах, по которым перемещаются многочисленные легковые и другие машины.

Необходимо при этом подчеркнуть, что на перемещение тяжелых и негабаритных грузов требуется получить пропуск на транспортировку. Порядок и особенности получения пропуска таковы.

Первоначально подается заявление, к которому прилагаются следующие документы: чертежи и спецификация на груз, точный вес и размеры каждого грузового моста, адрес загрузки и выгрузки, предполагаемый маршрут следования. Затем производится согласование маршрута со всеми организациями, в ведении которых находятся объекты по пути следования (линии электропередачи, мосты и т. п.). Если согласования прошло успешно, то соответствующее подразделение ГАИ выдает пропуск на транспортировку.

Как видно из вышесказанного, главный фактор в получении пропуска – это маршрут движения. Необходимо выбрать такой маршрут движения, при котором с учетом дальности перебазирования и дополнительных затрат, связанными с различными подготовительными работами, суммарные затраты были минимальными.

Таким образом, явно напрашивается для решения логической задачи перебазировки тяжелой техники метод нахождения экстремума функции

$$C_{yo}^{nep} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ji} + \sum_{i=1}^{m_0} \sum_{j=1}^{n_0} C_{ji}^{don}}{\sum_{i=1}^k x_{ik}} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $C_{ji}$  – топливно-энергетические затраты на перебазировку по  $i$ -му маршруту  $j$ -го комплекта машин;

$C_{ji}^{don}$  – дополнительные затраты, связанные с подготовкой перемещения по  $i$ -му маршруту  $j$ -го комплекта машин;

$x_{ji}$  – длина  $i$ -го маршрута движения  $j$ -м комплектом машин;

$n$  – соответственно количество машин в  $j$ -комплекте;

$m$  – количество операторов машин при перемещении по  $j$ -маршруту;

$n_0, m_0$  – количество дополнительных работ на  $i$ -маршруте и количество дополнительных рабочих.

$x_{ik}$  – количество перебазировок по данному маршруту.

Для установления топливно-энергетических затрат  $j$ -комплекта машин на  $i$ -м маршруте используется проверенные практикой скорости движения, расхода ГСМ, времени движения, ставок операторов машин и т. д.

$$C_{ji} = \sum_{i=1}^n q_{ji} \cdot \gamma_{ij}^{ГСМ} + \sum_{i=1}^m C_{ji}^{ТС} \cdot t_{ji}^{пероб}, \quad (2)$$

$$C_{ji}^{don} = \sum_{i=1}^{n_{don}} C_{ГСМ \cdot j}^{don} \cdot t_{ji}^{don} + \sum_{i=1}^{m_{don}} C_i^{don} \cdot t_{ji}^{don},$$

где  $q_{ji}$  – расход топлива на  $i$ -маршруте машин из  $j$ -комплекта;

$\gamma_{ij}^{ГСМ}$  – расход топлива машины  $j$ -комплекта на  $i$ -маршруте;

$C_{ji}^{ТС}$  – тарифная ставка операторов машин из  $j$ -комплекта;

$t_{ji}^{пероб}$  – время на перебазировку на  $i$ -м маршруте  $j$ -комплекта машин;

$n_{don}$  – дополнительное количество машин на  $i$ -маршруте;

$t_{ji}^{don}$  – время работы машин на  $i$ -маршруте;

$C_{ГСМ \cdot j}^{don}$  – стоимость горюче-смазочных материалов дополнительной машины на  $i$ -маршруте;

$m_{don}$  – дополнительное количество операторов машин на  $i$ -маршруте;

$C_i^{don}$  – тарифная ставка операторов дополнительных машин на  $i$ -маршруте.

Зависимости (1) и (2) составлены с учетом того, что как основной комплект  $n$ -машин, так и дополнительный  $n^{don}$  – находятся на балансе организации, которая организует перевозку тяжелой строительной техники. Если организатор перевозки заказывает некоторые машины, то соответственно стоимость перебазировки возрастает. В формулах (1) и (2) этот факт должен нести отражение.

В дальнейшем организатор перевозок определяет параметры, которые его больше всего волнуют. Если это затраты на перебазировку, то необходимо выполнить перебор решений

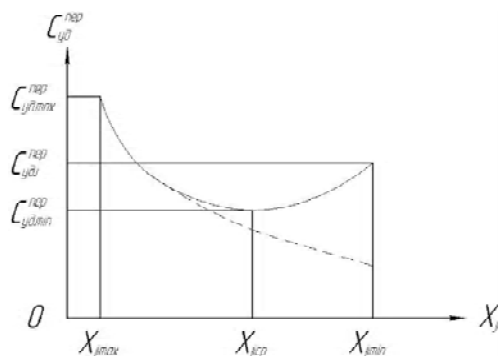
$$\left. \begin{aligned} \frac{dC_{yo}^{nep}}{dX_{1,i,t}} &= 0 \\ \frac{dC_{yo}^{nep}}{dX_{2,i,t}} &= 0 \\ &\dots \\ \frac{dC_{yo}^{nep}}{dX_{j,i,t}} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Именно при таком сочетании материальных потоков в элементах логической системы процесса перебазировки тяжелой техники достигаются минимальные затраты.

Расчет диапазона величины суммарных затрат по конкретным маршрутам передвижения выполняется с учетом конкретных условий эксплуатации.

Существование верхнего и нижнего пределов величины суммарного материального потока обусловлено рабочими характеристиками машин и дополнительными затратами на конкретном  $i$ -маршруте.

Наглядный пример использования метода определения экстремума функции для решения логистических задач перебазирования тяжелой техники представлен на рисунке.



**Рисунок** – Зависимости удельных затрат на перебазировку тяжелой техники от количества машин, подлежащих перебазировке.

Как видно из представленной зависимости, при каком  $i$ -маршруте с некоторым  $j$ -комплексом техники затраты минимальны. Характер поведения затрат может быть разнообразным, все зависит от конкретных условий.

## ВЫВОДЫ

1. Метод определения экстремума функции вполне приемлем для решения логистических задач перебазирования тяжелой техники.

2. При применении метода экстремума функции главное иметь: конкретные данные о маршруте движения, о требуемых дополнительных работах, характеристики основного комплекта машин и также характеристики машин для дополнительных работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаджинский, А. М. Логистика [Текст] / А. М. Гаджинский. – М. : ИВЦ «Маркетинг», 1999. – 228 с.
2. Транспорт и пути сообщения [Текст] : Учеб. пособие / В. А. Пенчук, А. Н. Клен, В. А. Талалай, Е. Н. Сергеев. – Донецк : изд-во «Ноулидж» (донецкое отделение), 2012. – 482 с.
3. Давідіч, Ю. О. Розробка графіку руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень [Текст] : нав. посіб. / Ю. О. Давідіч, Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 345 с.
4. Касаткин, В. П. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса [Текст] : учеб. пособие для высшей школы / В. П. Касаткин, С. И. Коновалов, Э. Ф. Касаткина. – М. : Академический Проект, 2004. – 352 с.



5. Сердечников, А. Технологии борьбы с гололедом [Текст] / А. Сердечников // Зеленый мир. – М., 2012. – № 1–2 (615–616). – С. 14.

Получено 17.10.2013

В. О. ПЕНЧУК <sup>a</sup>, А. В. ДІДЕНКО <sup>a</sup>, Б. Д. ГОЛОЛОБОВ <sup>b</sup>

ЛОГІСТИЧНЕ ЗАВДАННЯ ПЕРЕБАЗУВАННЯ ВАЖКОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ  
ТЕХНІКИ В МІСЬКИХ УМОВАХ

<sup>a</sup> Донбаська національна академія будівництва і архітектури, <sup>b</sup> Дружківський житлово-комунальний коледж ДонНАБА

У роботі розглядаються питання логістичної задачі перебазування важкої будівельної техніки з урахуванням специфічних особливостей міських доріг. Наведено залежності для визначення мінімальних витрат на перебазування і рекомендації по встановленню часткових витрат.

**дорога, місто, важка техніка, тягач, трейлер, логістика**

VALENTINE PENCHUK <sup>a</sup>, ANDREY DIDENKO <sup>a</sup>, BORIS GOLOLOBOV <sup>b</sup>

LOGISTIC TASK RELOCATION OF HEAVY CONSTRUCTION EQUIPMENT IN  
URBAN ENVIRONMENTS

<sup>a</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, <sup>b</sup> Druzhkivka Housing and Communal College DonNACEA

The paper deals with the logistical problems relocation of heavy construction equipment with the account of specific features of urban roads. Are the dependences for definition of the minimum cost of ferry flights and recommendations on establishment of the private cost are given.

**the road, city, heavy machinery, truck, trailer, logistics**

**Пенчук Валентин Олексійович** – доктор технічних наук, професор кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Академік академії ПТМ України. Наукові інтереси: наукові основи модернізації будівельних машин.

**Діденко Андрій Володимирович** – інженер Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: механізація будівельних робіт.

**Гололобов Борис Дмитрович** – директор Дружківського житлово-комунального коледжу ДонНАБА. Наукові інтереси: боротьба з ожеледицею в Донбасі.

**Пенчук Валентин Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Академик академии ПТМ Украины. Научные интересы: научные основы модернизации строительных машин.

**Диденко Андрей Владимирович** – инженер Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: механизация строительных работ.

**Гололобов Борис Дмитриевич** – директор Дружковского жилищно-коммунального колледжа ДонНАСА. Научные интересы: борьба с гололедом в Донбассе.

**Penchuk Valentine** – DSc (Eng.), Professor, Head of the Lifting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Academician of PTM of Ukraine. Scientific interests: scientific bases of modernization of build machines.

**Didenko Andrey** – an engineer, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: mechanization of construction works.

**Gololobov Boris** – a director of the Druzhkivka Housing and Communal College of DonNACEA. Scientific interests: fighting icing in the Donbas.

УДК 621.868.27

**А. В. ГАВРЮКОВ<sup>а</sup>, Г. А. КОНОНЫХИН<sup>а</sup>, А. В. ТРЕТЬЯК<sup>а</sup>, Б. Д. ГОЛОЛОБОВ<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, <sup>б</sup> Дружковский жилищно-коммунальный колледж ДонНАСА

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ КОВША ОДНОКОВШОВОГО ПОГРУЗЧИКА**

Приведена математическая модель оптимизации ковша одноковшового погрузчика с ее практической реализацией в программном обеспечении MathCAD, применение которой позволит решить часть проблем наполняемости ковша при одноразовом его внедрении в штабель материала. Уменьшение количества внедрений повышает техническую производительность погрузчика, снижает его энергопотребление, увеличивает ходимость пневмошин.

**математическая модель, оптимизация, одноковшовый погрузчик, ковш**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Анализ опыта работы одноковшовых погрузчиков показал, что процесс заполнения ковша машины может повторяться несколько раз при однократной загрузке. Уменьшение количества внедрений машины для полной наполняемости ковша позволяет сократить длительность рабочего цикла и число нагружений элементов трансмиссии ходовой части машины, определяющей ресурс ее работы. Сокращение длительности рабочего цикла повышает техническую производительность одноковшового погрузчика и снижает его энергопотребление, увеличивает ходимость пневмошин.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

В работе [1] приведены исследования, касающиеся разработки эффективного рабочего оборудования одноковшового погрузчика для разбирания завалов на основании определения размеров обломков разрушенных строений. Вопросы оптимизации являются одними из основных при проектировании новых машин [2–4]. В работе [5] указывается, что при разработке полезных ископаемых с известным параметром угла естественного откоса штабеля  $\alpha$  одноразовое внедрение ковша при заполнении возможно, если в качестве целевой функции при оптимизации ковша принять зависимость  $K_3 = \frac{B \cdot S}{V} = \frac{B}{2V} [R^2 (\alpha_1 + \alpha_2) + h(l - R \cdot \cos(\alpha_2))]$ , где  $K_3$  – коэффициент заполнения ковша,  $B$  – ширина ковша,  $V$  – объем ковша,  $S$  – площадь сечения попадаемого в ковш материала, ограниченная горизонтальной линией почвы, углом естественного откоса штабеля  $\alpha$  и траекторией описываемой кромкой ковша при черпании  $R$  (радиус черпания),  $\alpha_1$  – угол между горизонталью и отрезком прямой, проведенной от точки закрепления ковша на стреле к краю зубьев ковша при заглублении в штабель,  $\alpha_2$  – угол между горизонталью и отрезком прямой, проведенной от точки закрепления ковша на стреле к краю зубьев ковша при выглублении из штабеля во время поворота ковша,  $h$  – высота закрепления ковша на стреле относительно поверхности, на которой он находится,  $l$  – расстояние от точки закрепления ковша на стреле до края зубьев ковша при внедрении в штабель по горизонтали.

Анализ исследований показал, что при разработке оптимизированных параметров ковша применимы различные методы решения поставленной задачи.

### **ЦЕЛИ**

Разработать математическую модель оптимизации параметров ковша при одноразовом его наполнении, дать решение математической модели в программном обеспечении MathCAD.

© А. В. Гаврюков, Г. А. Кононыхин, А. В. Третьяк, Б. Д. Гололобов, 2013

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для повышения эффективности работы погрузчика необходимо обеспечить условие, при котором попадающий в ковш объем материала после одноразового внедрения был равен или больше геометрического объема ковша.

Выразим вышесказанное математически

$$K_3 \geq \frac{S \cdot B}{V}, \quad (1)$$

где  $S$  – площадь сечения попадаемого в ковш материала, ограниченная горизонтальной линией почвы, углом естественного откоса штабеля  $\alpha$  и траекторией, описываемой кромкой ковша при черпании  $R$ .

Определим площадь сечения попадаемого в ковш материала, ограниченную горизонтальной линией почвы, углом естественного откоса штабеля и траекторией, описываемой кромкой ковша при черпании (рис. 1):

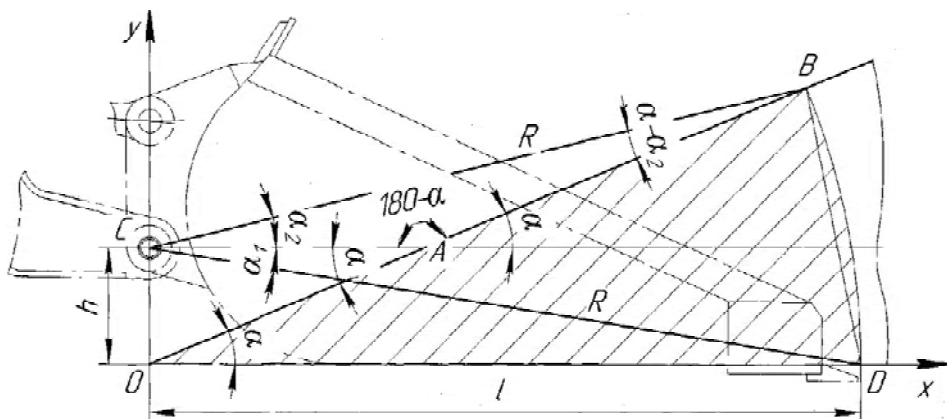


Рисунок 1 – Расчетная схема к определению площади сечения попадаемого в ковш материала при черпании.

$$S = S_{\Delta OBD} + S_{\text{сег. } D\tilde{B} BD}. \quad (2)$$

$$CD = R = \sqrt{h^2 + l^2}. \quad (3)$$

Отсюда

$$l^2 = R^2 - h^2. \quad (4)$$

Из точки  $C$  проведем прямую параллельную оси  $Ox$ .

Обозначим  $\angle BSA = \alpha_2$ ,  $\angle ACD = \alpha_1$ .

Из прямоугольного треугольника  $OCA$  найдем катет  $CA$

$$CA = CO \cdot \text{ctg}(\alpha) = h \cdot \text{ctg}(\alpha). \quad (5)$$

Из треугольника  $CBA$  по теореме синусов находим

$$\frac{CB}{\sin(180 - \alpha)} = \frac{CA}{\sin(\alpha - \alpha_2)}. \quad (6)$$

Откуда

$$\frac{R}{\sin(\alpha)} = \frac{h \cdot \text{ctg}(\alpha)}{\sin(\alpha - \alpha_2)} \quad (7)$$

$$\sin(\alpha - \alpha_2) = \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{R} \quad (8)$$

$$\alpha_2 = \alpha - \arcsin \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{R} \quad (9)$$

Подставим (3) в (9)

$$\alpha_2 = \alpha - \arcsin \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{h^2 + l^2}}. \quad (10)$$

Из прямоугольного треугольника  $ОСД$

$$\operatorname{tg}(\alpha_1) = \frac{h}{l}, \quad (11)$$

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{h}{l}\right), \quad (12)$$

$$\angle BCD = \alpha_1 + \alpha_2. \quad (13)$$

Подставив (10), (12) в (13) получим

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \arctg \frac{h}{l} + \alpha - \arcsin \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{h^2 + l^2}}. \quad (14)$$

Площадь сегмента  $D\tilde{B} BD$  найдем по формуле (уравнение площади сегмента)

$$S_{\text{сег.}} = \frac{1}{2} R^2 [(\alpha_1 + \alpha_2) - \sin(\alpha_1 + \alpha_2)]. \quad (15)$$

Подставим уравнения (3), (14) в уравнение (15)

$$S_{\text{сег.}} = \frac{1}{2} (h^2 + l^2) \left[ \alpha + \arctan\left(\frac{h}{l}\right) - \arcsin \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{h^2 + l^2}} - \sin \left( \alpha + \arctan\left(\frac{h}{l}\right) - \arcsin \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{h^2 + l^2}} \right) \right]. \quad (16)$$

Найдем координаты точки  $B$  из пересечения прямой  $OB$ , уравнение которой  $y = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$  и окружности радиуса  $R$  с центром в точке  $C(0; h)$ , уравнение которой  $x^2 + (y - h)^2 = R^2$ .

Для этого решим совместно систему уравнений

$$\begin{cases} y = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \\ x^2 + (y - h)^2 = R^2 \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases} y = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \\ x^2 + y^2 - 2y \cdot h + h^2 = R^2 \end{cases} \quad (18)$$

Преобразуем систему уравнение (18) и подставим в нее уравнение (4)

$$\begin{cases} y = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \\ x^2 + y^2 - 2h \cdot y = l^2 \end{cases} \quad (19)$$

Решим систему уравнений относительно  $x$

$$x^2 + x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha - 2h \cdot x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) = l^2, \quad (20)$$

$$x^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - 2h \cdot x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) = l^2, \quad (21)$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha). \quad (22)$$

Подставим (22) в (21) и добавим в правую и левую часть уравнения (21)  $h^2 \sin^2 \alpha$  после чего преобразуем

$$\frac{x^2}{\cos^2 \alpha} - 2h \frac{x}{\cos(\alpha)} \sin(\alpha) + h^2 \sin^2 \alpha = l^2 + h^2 \sin^2 \alpha. \quad (23)$$

Преобразуем уравнение (23) и извлечем корень из правой и левой части

$$\left( \frac{x}{\cos(\alpha)} - h \cdot \sin(\alpha) \right)^2 = l^2 + h^2 \sin^2 \alpha, \quad (24)$$

$$\frac{x}{\cos(\alpha)} - h \cdot \sin(\alpha) = \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha}. \quad (25)$$

Преобразовав относительно  $x$  уравнение (25) получим уравнение координаты точки  $B$

$$x_B = \cos(\alpha) \cdot \left( h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha} \right). \quad (26)$$

Подставив уравнение (26) в уравнение  $y = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$  системы уравнений (19) и преобразовав, получим уравнение координаты точки  $B$  относительно  $y$

$$y_B = \sin(\alpha) \cdot \left( h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha} \right). \quad (27)$$

Окончательно координаты точки  $B$  запишутся

$$\begin{cases} x_B = \cos(\alpha) \cdot (h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha}) \\ y_B = \sin(\alpha) \cdot (h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha}) \end{cases} \quad (28)$$

Расстояние между двумя точками выражается формулой

$$OB = \sqrt{(x_B - x_O)^2 + (y_B - y_O)^2}. \quad (29)$$

Подставив уравнение (28) в уравнение (29) при  $x_O = 0$  и  $y_O = 0$  определим длину  $OB$

$$OB = \sqrt{\cos^2 \alpha \cdot (h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha})^2 + \sin^2 \alpha \cdot (h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha})^2}. \quad (30)$$

После преобразований

$$OB = h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha}. \quad (31)$$

Площадь  $\triangle OBD$  равна

$$S_{\triangle OBD} = \frac{1}{2} OB \cdot OD \cdot \sin(\alpha). \quad (32)$$

Подставив (31) в (32) получим

$$S_{\triangle OBD} = \frac{1}{2} (h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha}) \cdot l \cdot \sin(\alpha). \quad (33)$$

Подставив уравнения (15) и (33) в уравнение (2) получим искомую площадь  $S$

$$S = \frac{1}{2} (h^2 + l^2) \left[ \alpha + \arctg \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{l^2 + h^2}} - \sin \left( \alpha + \arctg \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{l^2 + h^2}} \right) \right] + \frac{1}{2} (h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha}) \cdot l \cdot \sin(\alpha). \quad (34)$$

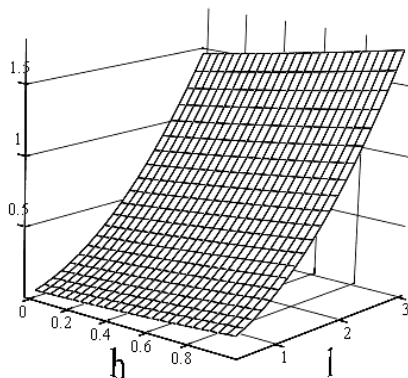
Отсюда коэффициент заполнения оптимизированного ковша одноковшового погрузчика

$$K_3 \geq \frac{B}{2V} \left\{ (h^2 + l^2) \left[ \alpha + \arctg \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{l^2 + h^2}} - \sin \left( \alpha + \arctg \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{l^2 + h^2}} \right) \right] + (h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \sin^2 \alpha}) \cdot l \cdot \sin(\alpha) \right\}. \quad (35)$$

Зная высоту закрепления шарнира ковша  $h$  и угол естественного откоса разрабатываемого материала  $\alpha$  при заданных ширине ковша  $B$  и объеме ковша  $V$ , можно определить длину ковша  $l$  для интересующего нас коэффициента заполнения  $K_3$ .

Задавшись начальными условиями, можно определить коэффициент заполнения ковша погрузчика, выполнив расчет при помощи программного пакета MathCAD (рис. 2).

$$\begin{aligned} l &:= 0.1, 1.4 \dots 2.8 \quad \alpha := \pi \cdot \frac{30}{180} \quad B := 2.5 \quad V := 4 \quad h := 0.1, 0.4 \dots 0.8 \\ S(h, l) &:= 0.5 \cdot (h^2 + l^2) \cdot \left( \alpha + \operatorname{atan} \left( \frac{h}{l} \right) - \operatorname{asin} \left( \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{h^2 + l^2}} \right) - \sin \left( \alpha + \operatorname{atan} \left( \frac{h}{l} \right) - \operatorname{asin} \left( \frac{h \cdot \cos(\alpha)}{\sqrt{h^2 + l^2}} \right) \right) \right) + \\ &\quad + 0.5 \cdot [h \cdot \sin(\alpha) + \sqrt{l^2 + h^2 \cdot (\sin(\alpha))^2}] \cdot l \cdot \sin(\alpha) \\ K3(h, l) &:= \frac{B \cdot S(h, l)}{V} \end{aligned}$$



**Рисунок 2** – График изменения коэффициента заполнения ковша погрузчика в зависимости от параметров длины ковша  $l$  и точки его закрепления  $h$ .

## ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель процесса заполнения ковша погрузчика при его внедрении в материал, позволяющая определить оптимальные параметры ковша. Приведен пример реализации расчета при помощи программного пакета MathCAD.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хмара, Л. А. Використання навантажувачів для розбирання завалів зруйнованих будівель [Текст] / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Сб. науч. тр. «Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование». – Днепропетровск : ПГПСА, 2010. – № 57. – С. 258–265.
2. Кунву, Ли. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) [Текст] / Ли Кунву. – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.
3. Дементьев, Ю. В. САПР в автомобиле и тракторостроении [Текст] : Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю. В. Дементьев, Ю. С. Щетинин; Под общ. ред. В. М. Шарипова. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 224 с.
4. Норенко, И. П. Автоматизированное проектирование [Текст] / И. П. Норенко. – М. : Машиностроение, 2000. – 188 с.
5. Семенченко, А. К. Теоретические основы анализа и синтеза горных машин и процесса их восстановления как динамических систем [Текст] / А. К. Семенченко, В. М. Кравченко, О. Е. Шабаев. – Донецк : РВА ДонНТУ, 2002. – 302 с.

Получено 17.10.2013

### О. В. ГАВРЮКОВ <sup>a</sup>, Г. А. КОНОНИХИН <sup>a</sup>, А. В. ТРЕТ'ЯК <sup>a</sup>, Б. Д. ГОЛОЛОБОВ <sup>b</sup> РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ КОВША ОДНОКІВШЕВОГО НАВАНТАЖУВАЧА

<sup>a</sup> Донбаська національна академія будівництва і архітектури, <sup>b</sup> Дружківський житлово-комунальний коледж ДонНАБА

Наведено математичну модель оптимізації ковша одноківшевого навантажувача з її практичною реалізацією в програмному забезпеченні MathCAD, застосування якої дозволить вирішити частину проблем наповнюваності ковша при одноразовому його заглиблюванні в штабель матеріалу. Зменшення кількості заглиблювань підвищує технічну продуктивність навантажувача, знижує його енергоспоживання, збільшує ходимість пневмошин.

**математична модель, оптимізація, одноківшевий навантажувач, ковш**

### ALEXANDER GAVRYUKOV <sup>a</sup>, GENNADY KONONYKHIN <sup>a</sup>, ANDREY TRETJAK <sup>a</sup>, BORIS GOLOLOBOV <sup>b</sup> DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION SINGLE BUCKET TRUCK

<sup>a</sup> Donbas National Academy of Building and Architecture, <sup>b</sup> Druzhkivka Housing and Communal College DonNACEA

Mathematical model of optimization of the bucket single bucket loader with its practical implementation in the software, MathCAD application will solve part of the problems of filling the bucket with the single and its introduction into the pile of material has been given. Reducing the number of implementations improves the technical performance truck, reduces power consumption and increases the need tire.

**mathematical model, optimization, single bucket loader, bucket**

**Гаврюков Олександр Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток теорії стрічкових трубчастих конвеєрів.

**Кононихин Геннадій Анатолійович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої математики та інформатики Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: математичний аналіз будівельних машин.

**Трет'як Андрій Валерійович** – асистент кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток теорії стрічкових конвеєрів зі змінною довжиною транспортування.

**Гололобов Борис Дмитрович** – директор Дружківського житлово-комунального коледжу ДонНАБА. Наукові інтереси: питання оптимізації машин при їх проектуванні.

**Гаврюков Александр Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие теории ленточных трубчатых конвейеров.

**Кононыхин Геннадий Анатольевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики и информатики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: математический анализ строительных машин.

**Третяк Андрей Валерьевич** – ассистент кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие теории ленточных конвейеров с изменяющейся длиной транспортирования.

**Гололобов Борис Дмитриевич** – директор Дружковского жилищно-коммунального колледжа ДонНАСА. Научные интересы: вопросы оптимизации машин при их проектировании.

**Gavryukov Alexander** – PhD (Eng.), associate professor, Lifting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the development of the theory of tubular belt conveyors.

**Kononykhin Gennady** – PhD. of physic-mathematical sciences, associate professor, Higher Mathematics and Computer Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: mathematical analysis of construction machinery.

**Tretjak Andrey** – Assistant Professor, Lifting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the development of the theory of belt conveyors with a varying length transportation.

**Gololobov Boris** – a director of the Druzhkivka Housing and Communal College of DonNACEA. Scientific interests: fighting icing in the Donbas.

УДК 624.014:528.48

**М. И. ЛОБОВ, Т. В. МОРОЗОВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ПРОГРАММА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ В Г. ДОНЕЦКЕ**

Рассмотрены особенности наблюдений за осадками и кренами зданий повышенной этажности, возводимых на подрабатываемых территориях в условиях точечной застройки. Разработана методика геодезического мониторинга при строительстве зданий, возводимых среди существующей застройки в г. Донецке, и при их последующей эксплуатации, способствующая повышению качества строительства и обеспечению безопасности.

**осадки, крены, деформации, геодезический мониторинг, проект производства геодезических работ (ППГР), точность измерений, периодичность инструментальных наблюдений**

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Вертикальность зданий повышенной этажности (до 30 этажей) является одним из важнейших условий обеспечения их устойчивости, прочности, долговечности. Она характеризуется величиной отклонения точек пересечения главных или основных осей на соответствующих этажах от отвесных линий. В последние годы из-за отсутствия свободных площадей под застройку в крупных городах Украины активно развивается точечное возведение зданий, состоящих из нескольких блоков высотой 24 и более этажей.

Такие здания повышенной этажности возводятся и в г. Донецке, где более 80 % городской территории подвержено периодическому влиянию подземных горных работ в процессе добычи каменного угля, влияющих не только на крены, но и на осадки таких объектов. Это накладывает определенные условия на технологию строительства и необходимость постоянного геодезического контроля вертикальности и осадок высотных зданий в процессе их возведения и при последующей эксплуатации. При большой площади основания и значительной высоте, быстром увеличении нагрузки на основание могут происходить неравномерные оседания, величина которых при определенных условиях способна вызвать аварийные ситуации. Поэтому наблюдения за осадками позволяют определить величину и скорость их протекания, контролировать крен возведенной части, разрабатывать методы прогноза на определенный период, принимать наиболее целесообразные оптимальные решения при проектировании подобных зданий в городах Донбасса.

### **АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ, ОТНОСЯЩИХСЯ К РЕШЕНИЮ ДАННОЙ ПРОБЛЕМЫ**

Кафедра инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры на протяжении 40 лет выполняет систематические наблюдения за осадками и деформациями различных высотных объектов, попадающих в зону влияния подземных горных работ в городах Донбасса [1–4]. Происходящие деформации земной поверхности тесно связаны с состоянием городских объектов и инженерных коммуникаций. Для определения их состояния при подработке территорий, взаимодействия с геологической средой оснований и последующего принятия решений по защите объектов или прогнозированию возможных деформаций необходимо проведение периодических геодезических наблюдений как в процессе строительства, так и при последующей эксплуатации. Поэтому мониторинг состояния зданий повышенной этажности является необходимым процессом в общей системе обеспечения их безопасности при последующей эксплуатации.



Согласно ДБН В.1.3-2:2010 для высотных зданий и сооружений геодезический мониторинг должен осуществляться в процессе строительства и при последующей эксплуатации на протяжении 5–6 лет согласно проекту и программе, разрабатываемой на стадии проектирования объектов, которые корректируются в дальнейшем по мере изменения геотехнических условий [7, 8]. Завершаются наблюдения после стабилизации осадки зданий, когда величина оседания в трех последних циклах не превышает точности измерений [5].

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработка оптимального раздела ППГР и методики геодезического мониторинга при строительстве зданий повышенной этажности, возводимых среди существующей застройки в г. Донецке.

Под геодезическим мониторингом понимают периодические наблюдения за строящимся зданием с анализом происходящих деформаций и постоянным прогнозированием возможных изменений по мере увеличения высоты для принятия определенных решений, обеспечивающих качество возводимого объекта. Для этой цели разрабатывается раздел ППГР, включающий основные этапы, приведенные на рис. Измерения осадок и деформаций зданий повышенной этажности относятся к точным

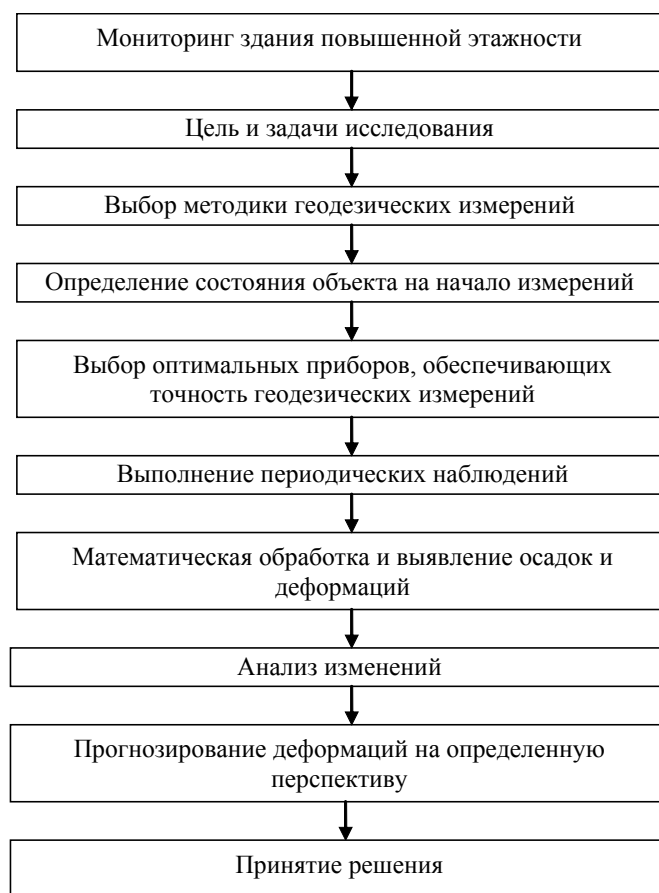


Рисунок – Состав геодезического мониторинга высотного здания.

геодезическим работам и регламентируются нормативными документами, проектами и специальными научными программами, разработанными для конкретных объектов, содержащие сведения о горно-геологических условиях строительных площадок, особенностях строительства, необходимой периодичности и точности геодезических измерений. Данный раздел является составной частью ППГР, в котором должны рассматриваться следующие разделы:

- цель и задачи геодезического мониторинга;
- обоснование точности и периодичности наблюдений;
- условия геодезических наблюдений;
- возможные причины деформаций;

- схема создаваемой геодезической сети, включающей исходные и деформационные знаки;
  - оценка проекта геодезической сети;
  - обоснование методики измерений и выбор оптимальных приборов;
  - закладка деформационных реперов;
  - математическая обработка результатов измерений и их анализ;
  - прогнозирование возможных осадок и кренов на определенный период;
  - принятие решений по корректированию периодичности последующих измерений;
  - оптимальное принятие решений, обеспечивающих качество и безопасность возводимого здания.
- Согласно [8] наблюдения за смещениями, осадками и деформациями высотных зданий проводятся в целях:

- определения абсолютных и относительных величин деформаций и сравнение их с расчетными величинами;
- получения необходимых характеристик устойчивости оснований и фундаментов;
- выявления причин возникновения осадок и степени опасности их для нормальной эксплуатации возводимых объектов, для принятия своевременных мер защиты или устранения вредных последствий;
- уточнения методов расчета предельно допустимых величин деформаций для различных грунтов или условий подработки, получение данных для конкретных объектов.

Для определения осадки здания в местах, не подверженных влиянию осадочной воронки, или зоны влияния подземных горных работ производят закладку трех исходных реперов, а в колоннах цокольного этажа выше 0,5 м над уровнем земли закладываются 4–6 деформационные марки для одноподъездного здания, конструкция которых должна соответствовать ДБН В.1.3-2:2010. Периодичность определения осадки и крена в период строительства выполняется сначала при возведении плиты или фундамента, затем при достижении 25, 50, 75 и 100 % массы здания, при эксплуатации один раз в 6 месяцев, а при подработке периодичность зависит от скорости протекания осадки и корректируется с учетом активности процесса сдвижения [4, 5].

Выбор методики измерений зависит от нормативной или проектной точности и точности применяемых приборов:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где  $m = \sigma$  – среднее квадратическое отклонение результата одного измерения, которое при небольшом количестве измерений может содержать некоторую неопределенность [1].

Применяя для малой выборки критерий Стьюдента можно определить необходимое количество измерений, отвечающих данной точности при разной доверительной вероятности, когда

$$\bar{X} - t \cdot M < X_0 < \bar{X} + t \cdot M, \quad (2)$$

Так как распределение Стьюдента сходится в предельном значении с нормальным распределением Гаусса, то в этом случае можно принять

$$M' = t \cdot M \text{ или } M' = \frac{t \cdot m}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

где величина  $t$  выбирается из таблиц для распределения Стьюдента, что позволяет определить среднюю квадратическую погрешность для малой выборки измерений при геодезическом контроле строительного процесса.

Для получения полной картины происходящих деформаций строящегося здания повышенной этажности необходимо определять:

- абсолютную осадку

$$S_i = H_0 - H_i, \quad (4)$$

где  $H_0$  и  $H_i$  – отметки осадочных марок в начальном и  $i$ -том циклах;

- среднюю осадку

$$S_{cp} = \frac{\sum S_i}{n}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество осадочных марок на здании;

– относительную осадку

$$\eta = \frac{\Delta S_{n,m}}{L}, \quad (6)$$

где  $L$  – расстояние между марками  $n, m$ ;

– величину крена

$$Q = \sqrt{q_x^2 + q_y^2}, \quad (7)$$

в относительной мере

$$J = \frac{Q}{H_i}, \quad (8)$$

где  $H_i$  – высота возведенной части здания;

– направление крена

$$\alpha = \arctg \frac{q_x}{q_y}. \quad (9)$$

Скорость протекания осадки вычисляют по формуле

$$V_{cp} = \frac{S_i + S_{i+1}}{\Delta t}, \quad (10)$$

а ускорение

$$a_{cp} = \frac{S_i - S_{i+1}}{\Delta t}, \quad (11)$$

где  $\Delta t$  – временной интервал между циклами.

Предварительное определение точности измерений вертикальных и горизонтальных смещений (табл. 1) необходимо выполнять в зависимости от ожидаемых величин, на основании которых устанавливается класс точности измерений (табл. 2).

**Таблица 1** – Допустимые величины смещений здания

Расчетная величина вертикальных и горизонтальных перемещений, предусмотренных проектом, мм	Допускаемая величина перемещений, мм			
	Период строительства		Период эксплуатации	
	Песчаный грунт	Глинистый грунт	Песчаный грунт	Глинистый грунт
До 50	1	1	1	1
50–100	2	1	1	1
100–250	5	2	1	2
250–500	10	5	2	5
Свыше 500	15	10	5	10

**Таблица 2** – Классы точности измерений

Классы точности измерений	Допускаемые погрешности измерений перемещений, мм	
	горизонтальных	вертикальных
1	2	1
2	5	2
3	10	5
4	15	10

При отсутствии данных по расчетным величинам деформаций оснований фундаментов класс точности допускается устанавливать:

- для зданий, возводимых на песчаных, глинистых, сжимаемых грунтах – 2 класс;
- для зданий, возводимых на насыпных, просадочных грунтах – 3 класс.

Предельная погрешность измерения крена на должны превышать  $0,0001H$  мм.

Допускается осадки и крены определять по результатам геометрического нивелирования или тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров.

В летнее время необходимо учитывать крен здания вследствие неравномерного солнечного нагрева, для этого измеряют температуру на солнечной и теневой сторонах. Это позволяет определить изгиб здания по формуле:

$$Q_c = \alpha_t \cdot \Delta t \cdot H_i, \quad (12)$$

где  $\alpha_t = 12,6 \cdot 10^{-6}$ ,  
 $\Delta t = (t_c - t_m)$  – разность температур,  
 $H_i$  – высота возведенной части здания.

Для определения прогнозной кривой при подработке здания необходимо выполнить сначала три цикла наблюдений. Согласно исследованиям [9], интервал между сериями наблюдений можно принять:

$$\Delta t = \frac{H}{12 \cdot V}, \quad (13)$$

где  $H$  – средняя глубина разработки (м),  
 $V$  – скорость подвигания очистного забоя (м/мес).

Данная методика позволяет прогнозировать деформации земной поверхности (оснований) с более высокой точностью, используя результаты геодезического мониторинга.

Исследования двух 14-ти этажных монолитных зданий, возводимых в скользящей опалубке (г. Макеевка), позволили получить эмпирические зависимости неvertикальности от высоты, которые можно выразить уравнениями:

$$\Delta_I = 10,500 + 2,500 H - 0,029 H^2, \text{ (мм)} \quad (14)$$

$$\Delta_{II} = 8,700 + 2,700 H - 0,038 H^2, \text{ (мм)}. \quad (15)$$

При высоте зданий 54 м отклонения от вертикали для I здания составили 63 мм, для II здания – 54 мм.

## ВЫВОДЫ

Отмеченные в данной работе проблемы геодезического мониторинга актуальны и могут использоваться при разработке ППГР при строительстве и эксплуатации зданий повышенной этажности для повышения качества строительства и обеспечения его безопасности, особенно на подрабатываемых территориях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобов, М. И. Исследование деформаций зданий и сооружений в процессе многократной подработки территории подземными горными работами [Текст] / М. И. Лобов, Т. В. Морозова // Инженерная геодезия. – К. : КИСИ, 2000. – Вып. 42. – С. 59–63.
2. Геодезическое обеспечение строительства высотных зданий на подрабатываемых территориях [Текст] / М. И. Лобов, П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. С. Чирва // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2007. – Вип. 2007-5(67). – С. 71–74.
3. Геодезичний контроль у будівництві [Текст] / М. І. Лобов, П. І. Соловей, І. М. Лобов, А. М. Переварюха. – Макіївка : ДонНАБА, 2011. – 190 с.
4. Лобов, М. И. Проблемы мониторинга спортивных сооружений [Текст] / М. И. Лобов, Т. В. Морозова, А. С. Чирва // Матеріали міжнар. конф. «Геодезичне забезпечення будівництва: сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку» 19–20 октября 2011 г. / Под редакцией проф. Войтенко С. П. – Киев : [б. и.], 2011. – С. 35–39.
5. Анализ результатов наблюдений за деформациями зданий и сооружений под влиянием многократной подработки [Текст] / Т. В. Морозова, О. В. Волощук, М. Мартыненко, О. Беседина // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2005. – Вип. 2005-4(52). – С. 143–146.
6. Морозова, Т. В. Прогнозирование оседаний земной поверхности вследствие подработки [Текст] / Т. В. Морозова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2012. – Вип. 2012-6(98). – С. 108–112.
7. ДБН В.1.1-5:2000. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. Часть I, II [Текст]. – На заміну СНиП 2.01.09-91; РСН 227-88; РСН 297-78; РСН 340-86; РСН 232-88; РСН 349-88; введені в дію з 1 липня 2000 р. – Киев : Госкомитет строит., архит. и жилищной политики Украины, 2000. – 152 с.
8. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні СНиП 3.01.03-84); чинний від 01.09.2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 70 с.
9. Морозова, Т. В. Совершенствование методики прогнозирования сдвижения земной поверхности по результатам инструментальных наблюдений [Текст] / Т. В. Морозова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2011. – Вип. 2011-6(92). – С. 175–180.

Получено 15.10.13

**М. І. ЛОБОВ, Т. В. МОРОЗОВА**  
**ПРОГРАМА ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ БУДІВНИЦТВА БУДІВЕЛЬ**  
**ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВСТІ В М. ДОНЕЦЬКУ**  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто особливості спостережень за осіданнями і креном будівель підвищеної поверховості, що зводяться на територіях, що розробляються, в умовах стислої забудови. Розроблено методику геодезичного моніторингу при будівництві будівель, що зводяться серед існуючої забудови в м. Донецьку, і при їх подальшій експлуатації, яка має сприяти підвищенню якості будівництва і забезпеченню безпеки.

**осідання, крен, деформації, геодезичний моніторинг, проєкт виробництва геодезичних робіт (ПВГР), точність вимірів, періодичність інструментальних спостережень**

**MICHAEL LOBOV, TATYANA MOROZOVA**  
**PROGRAM OF THE GEODESIC MONITORING OF BUILDINGS**  
**CONSTRUCTIONS OF ENHANCEABLE SUPERFICIALITY IN DONETSK**  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture.

The features of looking after sinking and heels of buildings of enhance able floor, erected on the earned additionally territories in the conditions of point building have been considered. The method of the geodesic monitoring at building of buildings, erected among existent building in Donetsk, and at their subsequent exploitation, which helps forward upgrading building and providing of safety.

**settling, heels, deformations, geodesic monitoring, production design of geodetic works, exactness of measuring, periodicity of instrumental supervisions**

**Лобов Михайло Іванович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерної геодезії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Академік академії наук Вищої школи України з проблем будівництва. Наукові інтереси: комплексні геодезичні дослідження деформацій висотних споруд баштового типу.

**Морозова Тетяна Василівна** – асистент кафедри інженерної геодезії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вишукування зрушення земної поверхні та деформації будівель і споруд під впливом підземних гірничих робіт.

**Лобов Михаил Иванович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геодезией Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Академик академии наук Высшей школы Украины по проблемам строительства. Научные интересы: комплексные геодезические исследования deformаций высотных сооружений башенного типа.

**Морозова Татьяна Васильевна** – ассистент кафедры инженерной геодезией Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование сдвижения земной поверхности и deformаций зданий и сооружений под действием подземных горных работ.

**Lobov Michail** – DSc (Eng.), a Professor, the Head of the Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. The academician of an academy of sciences of the Higher school of Ukraine on problems of construction. Scientific interests: complex geodetic researches of deformations of high-altitude constructions of tower type.

**Morozova Tatyana** – assistant, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research movement a terrestrial surface and deformations of buildings and constructions under the influence of underground mountain works.

УДК 69.697.1

**В. А. ЧАЙКА, О. С. ФИЛИМОНОВА**

Запорожский институт экономики и информационных технологий

## **ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА В ЖИЛЫХ КВАРТИРАХ ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ НАРУЖНОМ УТЕПЛЕНИИ ФАСАДА**

Строительные организации предоставляют широкий спектр услуг по утеплению разных типов зданий. Жителям панельных зданий, как правило, предлагают наружное утепление фасадов. Рассмотрено влияние наружного утепления на микроклимат в квартирах.

**утепление, микроклимат, термическая устойчивость**

### **ВВЕДЕНИЕ**

С наступлением осени в квартирах становится холодно и, главное, сыро. Проблема температурно-влажностного режима жилых зданий не всегда решается даже при включении системы центрального отопления, т. к. температура теплоносителя не всегда соответствует нормированному значению. С этой проблемой народ борется каждый по-своему, у кого насколько хватает смекалки и финансов.

Кто-то включает газовые горелки (если оплата за газ производится не по счётчику, а по норме на одного человека), стараясь не думать о том, что нагреваются лишь верхние слои воздуха кухни, а пол всё равно остаётся холодным, да и количество кислорода катастрофически уменьшается, потому что окна (зачастую, пластиковые) плотно закрыты.

Кто-то включает электрокамины, стараясь не думать о стремительно набегающих на электросчётчике киловаттах. Те, кто смекалистей и заранее готовился к зиме, сделал наружное утепление фасадов в надежде на то, что сэкономит семейный бюджет на оплате услуг по централизованному отоплению, а также обеспечит в квартире тишину, тепло, уют. Есть в Украине немало владельцев квартир с автономным отоплением: здесь разные варианты – от электрического бойлера в квартире до автономной котельной целого подъезда (дома). Каждый способ решения проблемы имеет как преимущества, так и недостатки.

Ну, хотя бы тот факт, что приказом Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 22.11.2005 г. № 4 с изменениями, внесенными приказом Минжилкомхоза от 06.11.2007 г. № 69 «Об утверждении Порядка отключения отдельных жилых домов от сетей централизованного отопления и горячей воды при отказе потребителей от централизованного теплоснабжения», отключение от сетей централизованного отопления и горячего водоснабжения в отдельных квартирах жилого дома не разрешается, что, по меньшей мере, вызывает недоумение. Это можно объяснить тем, что городское хозяйство теряет клиентов... Эксплуатационные службы ЖКХ поясняют, что включенное отопление в отдельных квартирах подъезда ведет к неравномерному прогреву стен здания и, как следствие, к образованию трещин, причем, как правило, в неотапливаемых автономно квартирах, т. е. у клиентов городского хозяйства.

Ну, а как же быть с наружным утеплением стен, особенно панельных зданий, так пестро украсившим латками наш город. Ведь не все жильцы его сделали, и не все смогут сделать... Получается, что наружное утепление, по мнению жилищно-коммунальных служб, не ведет к неравномерному прогреву стен здания, т. е. как бы и не греет. Зачем тогда его делают? Чтобы квартира не теряла имеющееся тепло, но тогда стены все равно имеют неравномерное распределение температур. Очевидно, причина все-таки в том, что при этом городское хозяйство не теряет своих клиентов.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Наружное утепление не является абсолютным решением проблемы теплых квартир, поскольку имеет свои недостатки. Отметим некоторые из них. Самым парадоксальным из них является сам факт наружного утепления. При проектировании зданий к ограждающим конструкциям выдвигают требования прочности и термического сопротивления.

Кроме того, по санитарным нормам точка росы должна располагаться снаружи ограждающих конструкций на расстоянии не менее 5 мм. Некоторые стройорганизации в рекламных проспектах так и отмечают, что точка росы попадает в слой тепловой изоляции наружного утепления. По их мнению, клиенты должны этому радоваться, но так ли это. Слой тепловой изоляции, как правило, слоистый или пористый материал, содержащий воздух, который попадает туда как при производстве самого материала, так и при строительных работах. Даже если этот слой затем «герметично» заштукатурить, в нем в результате осенне-весенних перепадов температуры образуется конденсат, который не может выветриться, но может дать пищу плесени и разного рода грибкам. А они, в свою очередь, смогут проникнуть в квартиры по микропорам и микротрещинам, тем более, что технология устройства наружного утепления этому способствует.

Даже в утеплителе производственных зданий образуется влага, хотя разность температур для них меньше, чем для гражданских зданий. Например, при вскрытии отдельных участков кровли (с керамзитовой засыпкой) производственного одноэтажного здания [1] был обнаружен влажный керамзит. Выполненные исследования в соответствии с [2] показали, что фактическое сопротивление теплопередаче такого утеплителя снижается за счет увлажнения, что ставит под сомнение целесообразность его использования. Образование влаги в утеплителе стен подтверждает тот факт, что поверхность нового теплоизоляционного покрытия ровная, а через 1,0–1,5 года невооруженным взглядом угадываются стыки плит, которые выпирают внешнюю штукатурку наружу (рис. 1).



Рисунок 1 – Вид деформированных плит утеплителя.

На территории Украины имеется множество строительных организаций, занимающихся утеплением многоэтажных панельных жилых зданий. Системы утепления предусматривают клеевое или механическое закрепление утеплителя с помощью дюбелей и каркасов к несущей части стены с последующим оштукатуриванием. Состав клеев и накрывочных штукатурок также различный. Помимо общего требования к надежному закреплению системы к стене, в данной системе обязательным по условиям годового баланса влагонакопления является требование к паропроницаемости защитно-декоративных штукатурных слоев.

В таблице представлены для сравнения характеристики самых распространенных на Украине утеплителей.

Как видно из приведенных данных, пенополистирол обладает низкой влагопоглощаемостью и достаточной низкой теплопроводностью, что и объясняет его популярность. Экструдированный пенополистирол позволяет получить сплошное покрытие, но требует дополнительных расходов как по технологии, так и на уход за таким покрытием. Поэтому жильцы предпочитают более дешевый способ утепления.

Таблица – Основные характеристики утеплителей

Основные характеристики	Утеплители			
	Минеральная (каменная) вата	Вата из стекло-волокна	Пенополистирол, пенопласт	Экструдированный пенополистирол
Коэффициент теплопроводности, Вт/м <sup>2</sup> К	0,041–0,044	0,037–0,041	0,033–0,37	0,028–0,032
Коэффициент водопоглощения (% по массе)	до 70 %	до 70 %	1,5–3,5	0,1–0,4
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	20, 30, 40, 60, 70, 80, 100, 140, 200	11–30	11–35	30–45
Группа горючести (без размерности)	НГ (негорючий)	НГ (негорючий)	Г1–Г4 (в зависимости от марки)	Г1–Г4 (в зависимости от марки)
Недостатки	Требуют дополнительной гидро- и пароизоляции, а также защиты как при хранении, так и при транспортировке и монтаже		Хрупкие материалы, слабые звукоизоляционные свойства, горючие. Например: Г4 означает, что материал горит с выделением едкого черного дыма и горящих капель	

Не будем перечислять все грубые нарушения нормативных технологических предписаний строителей при установке плит пенополистирола, остановимся на некоторых часто встречающихся.

Как правило, на теплоизоляционную плиту размером 1 000×1 000 мм устанавливается только 5 дюбелей, можно встретить и 4 дюбеля. Интересно, что по городу можно встретить стены, где уже отвалился утеплитель, по середине бывшей плиты зияет яма в стене, что наводит на мысль о существовании только центрального крепежа. Рекомендуемое же количество дюбелей для плит размером 1 000×1 000 мм составляет 7–9, что обеспечивает нормативную адгезию плиты к стене (рис. 2).

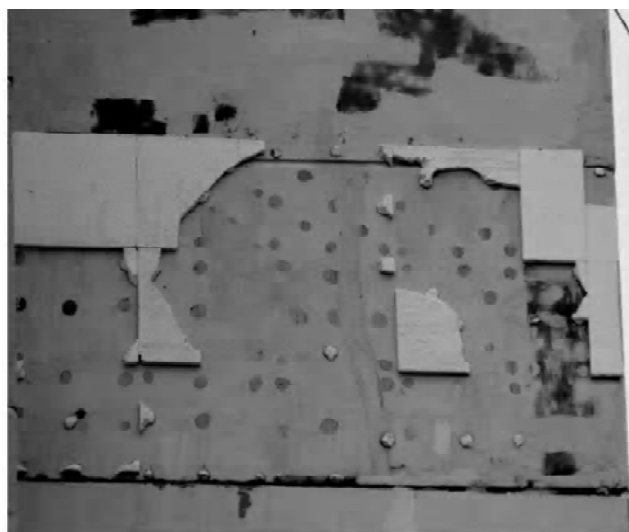


Рисунок 2 – Вид панели после обрушения системы утепления.

Дюбеля в слое теплоизоляционной плиты располагаются таким образом, что тарельчатая головка дюбеля находится в середине плиты на расстоянии до 20 мм от поверхности. Далее поверхность выравнивают цементно-песчаным раствором, что приводит к неравномерной толщине утеплителя и является нарушением конструкторской и технологической документации. Правильно установленный дюбель не должен заглубляться в тело утеплителя и выступать выше поверхности плита не менее 1 мм [3].

Кроме того, плиты должны иметь заранее заготовленные под дюбели отверстия с оплавленными краями. При оформлении оконных и дверных проемов разрезанные края также должны быть оплавлены для защиты от влаги. Заполнять стыки штукатурным раствором недопустимо.



На фотографии предоставленной в рекламном проспекте фирмы «Фасад-Сервис» (рис. 3) хорошо видны растрепанные края плит и углубленные головки дюбелей [4].



Рисунок 3 – Вид работников из рекламного проспекта.

Плиты пенополистирола необходимо не только крепить дюбелями, но и приклеивать к предварительно подготовленной специальным образом стене. Как показывает обзор используемых стройорганизациями технологий, порядка 12 % выполняет только механическое крепление, что приводит к отслаиванию и обрушению системы в дальнейшем.

Некоторые стройорганизации покрывают стены пароизоляцией, чтобы предотвратить попадание влаги из помещений в теплоизоляционный слой. Но влага из воздуха в утеплителе под воздействием многократной смены температуры все равно образуется на поверхности пароизоляции, что приводит к отслаиванию покрытия. Удивляет факт незнания инженеров стройорганизаций о водопоглощающих веществах. Ведь достаточно нанести на пароизоляцию вещества, например используемые для осушки газов, и однажды сконденсированная влага химически связывается с веществом. Конечно, если утепление сделано квалифицировано, утеплитель не будет накапливать воздух извне, и перепады температур тогда не вызовут новое появление влаги.

Харьковская фирма «Термоизоляция» предлагает монолитное (бесшовное) покрытие из напыляемого пенополиуретана. Но для защиты от ультрафиолетового воздействия солнечных лучей необходимо по верху устроенного слоя напыляемого пенополиуретана наносить покрытие из специального лака. Понятное дело, что целостность лакированного покрытия недолговечно. Однако ряд исследователей поддерживают этот метод утепления. Но стоимость его на 25–40 % выше пенополистирола.

В соответствии с законами теплофизики общее термическое сопротивление многослойной конструкции не зависит от последовательности расположения этих слоев. Однако условиями беспрепятственного прохождения через ограждающую конструкцию водяных паров, скапливающихся в процессе эксплуатации, продиктована необходимость соблюдения при проектировании ряда требований, согласно которым сопротивление паропроонианию наружных слоев не должно превышать значение этого показателя для внутренних слоев. Наилучшим образом вышеперечисленные моменты учтены в системах утепления со стороны атмосферного воздействия. Поэтому ряд инженеров против использования утеплителя с внутренней стороны ограждающих конструкций, хотя в ряде случаев наружное утепление невозможно провести.

Ряд организаций предлагают использовать нагревательные элементы, размещенные внутри наружной панели [5]. Расчет градиента температур как по вертикали, так и по горизонтали показывает, что такое утепление наиболее полно удовлетворяет жизненные потребности жильцов.

Такие утверждения отвергают необходимость наружного утепления с целью повышения теплоустойчивости ограждающих конструкций.

В уже построенном панельном здании сложно и дорого вмонтировать нагревательные элементы в наружные стены, но можно сделать полы с подогревом. Стоимость таких полов на порядок дороже наружного утепления и не всем доступна. С точки зрения потребления электроэнергии полы с подогревом равномерно прогревают воздух помещения при меньшем потреблении, чем электрокамины с неравномерным прогревом.

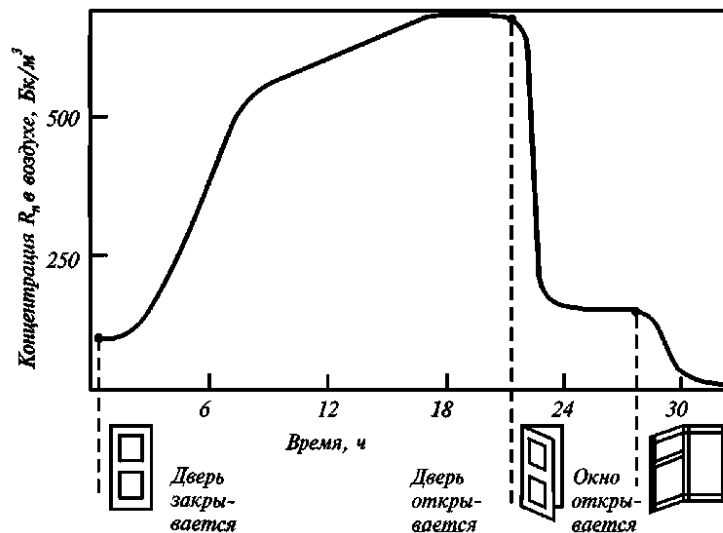
Исследования суточной динамики теплового баланса помещений [5] изолированного и неизолированного зданий показали, что составляющими в балансе тепловых потерь являются не только внешние стены окна и вентиляция, но и внутренние стены, которые в дневное время накапливают тепло, а когда температура воздуха понижается – отдают тепло.

Для изолированного здания среднесуточные тепловые потери ниже – до 40 %. Зато в летнее время, когда солнечная инсоляция в значительной мере попадает в помещение через окно, изолированное здание в 1,5 раза медленнее отдает тепло, что приводит к затратам на кондиционирование [6]. Этот факт также ставит под сомнение целесообразность наружного утепления.

Внешняя изоляция в сочетании с недолжной вентиляцией приводят к угрозе от ещё одного невидимого врага человека. Если холод и жару человек чувствует сразу, то повышение радиационного фона он не в состоянии ощутить. А такие признаки, как быстрая утомляемость, сонливость и рассеянность, свойственны многим заболеваниям...

Человек, находясь в закрытом, непрветриваемом помещении, основную часть дозы облучения получает от радона. Опасность радона заключается в его широком распространении, высокой проникающей способности и миграционной подвижности (активности), распаде с образованием радия и других высокоактивных радионуклидов. Поступает радон, просачиваясь через фундамент и пол из грунта или, реже, высвобождаясь из материалов, использованных в конструкции дома, и мигрирует в верхние этажи через межэтажные покрытия и стены.

В зонах с умеренным климатом концентрация радона в закрытых помещениях в среднем примерно в 8 раз выше, чем в наружном воздухе (рис. 4).



**Рисунок 4** – Влияние проветривания на содержание радона в воздухе жилой комнаты многоквартирного дома.

Скорость проникновения исходящего из земли радона в помещения фактически определяется толщиной и целостностью (т. е. количеством трещин и микротрещин) межэтажных перекрытий.

Кроме того, эмиссия радона из стен уменьшается в 10 раз при облицовке стен пластиковыми материалами типа полиамида, поливинилхлорида, полиэтилена или после покрытия стен слоем краски на эпоксидной основе или тремя слоями масляной краски. Даже при оклейке стен обоями скорость эмиссии радона уменьшается примерно на 30 %. Если стену изолировать снаружи, то эмиссия радона будет направлена вовнутрь помещений. А если в помещении имеются пластиковые окна и герметично закрытые двери, то за 6 часов вашего отсутствия концентрация радона возрастет, по крайней мере, в 5 раз, а при наличии наружной изоляции – и того больше.

Чтобы снизить уровень радона и его продуктов распада необходимо открыть двери и окно на 1,0–1,5 часа. Много ли людей, приходящих с работы, проветривают свое помещение? Гораздо большую опасность представляет попадание паров воды с высоким содержанием радона в легкие вместе с вдыхаемым воздухом, что часто происходит осенью в герметичном помещении при понижении температуры на улице. При герметизации помещений и отсутствии проветривания скорость вентилирования помещения многократно уменьшается, что позволяет сохранить тепло, но и приводит к угрозе облучения радоном.

Каждый житель волен сам выбирать, что ему лучше оплатить: утепление, отопление, вентиляцию, кондиционирование или лечение. Простой украинец и не обязан знать все строительные нормы безопасного жилья, но руководители стройорганизаций обязаны выполнять предписания ДБН, ДСТУ, СанПИН и др. И при предоставлении тех или иных услуг клиенту должны озвучивать все последствия от изменения в проживаемом здании, будь то перепланировка, утепление фасадов, устройство теплых полов и т. д.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Необходим комплекс длительных исследований не только по теплопроводности утеплителя, но и по факту образования влаги в нем.

2. Необходимо пересмотреть принципы нормирования теплоустойчивости ограждающих конструкций с учетом теплового баланса как в зимнее, так и в летнее время.

3. Необходим комплекс исследований по влиянию утепления фасадов на эмиссию радона и продуктов его распада.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савйовский, В. В. Устройство тепло-, гидроизоляции покрытия здания напыляемым пенополиуретаном [Текст] / В. В. Савйовский, А. В. Палагута, А. В. Савйовский // Будівництво України. – 2011. – № 5. – С. 16–18.
2. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкции зданий и сооружений. Тепловая изоляция зданий [Текст]. – Взамен СНиП II-3-79 ; введ. 2007-04-01. – К. : Минстрой Украины, 2006. – 65 с.
3. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]. – Взамен СП 23-101-2000 ; дата введения 2004-06-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 140 с.
4. Коленко, Е. А. Технология лабораторного эксперимента [Текст] : Справочник / Е. А. Коленко. – СПб. : Политехника, 1994. – 751 с.
5. Билоус, С. Я. Определение радиационной температуры помещения с нагревательными элементами в наружной стене [Текст] / С. Я. Билоус, Н. И. Тимофеев // Будівництво України. – 2011. – № 1. – С. 23–25.
6. Кошлатый, О. Б. Обеспечение теплоустойчивости ограждающих конструкций в летнее время [Текст] / О. Б. Кошлатый // Будівництво України. – 2013. – № 2. – С. 11–13.

Получено 15.10.2013

В. О. ЧАЙКА, О. С. ФІЛІМОНОВА  
 ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ЖИЛИХ КВАРТИРАХ ПАНЕЛЬНИХ  
 БУДІВЕЛЬ ПРИ ЗОВНІШНЬОМУ УТЕПЛЕННІ ФАСАДУ  
 Запорізький інститут економіки і інформаційних технологій

Будівельні організації надають широкий спектр послуг з утеплення різних типів будівель. Жителям панельних будівель, як правило, пропонують зовнішнє утеплення фасадів. Розглянуто вплив зовнішнього утеплення на мікроклімат в квартирах.  
**утеплення, мікроклімат, термічна стійкість**

VICTORY CHAYKA, OLGA FILIMONOVA  
 FORMING THE MICROCLIMATE IN THE APARTMENTS OF PANEL HOUSE-  
 BUILDING BY THE WARMING OF THE OUTWARD FACADE  
 Zaporozhian Institute of Economy and Information Technologies

Building companies offer a wide rang of services in warming of different types of buildings. Residents of panel house-building are usually offered the outward facade warming. We have examined how the outward warming affects the microclimate inside the apartments.  
**warming, microclimate, thermal stability**

**Чайка Вікторія Опанасівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового і цивільного будівництва Запорізького інститут економіки і інформаційних технологій. Наукові інтереси: будівельна фізика, фундаменти.

**Філімонова Ольга Сергіївна** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри промислового і цивільного будівництва Запорізького інститут економіки і інформаційних технологій. Наукові інтереси: залізобетонні та кам'яні конструкції.

**Чайка Виктория Афанасьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства Запорожского института экономики и информационных технологий. Научные интересы: строительная физика, фундаменты.

**Филимонова Ольга Сергеевна** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства Запорожского института экономики и информационных технологий. Научные интересы: железобетонные и каменные конструкции.

**Chayka Victoria** – PhD (Eng), Associate professor, Industrial and Civil Engineering Department, Zaporozhian Institute of Economy and Information Technologies. Scientific interests: build physics, foundations.

**Filimonova Olga** – PhD (Eng), Senior lecturer, Industrial and Civil Engineering Department, Zaporozhian Institute of Economy and Information Technologies. Scientific interests: reinforced concrete and stone structures.

УДК 528.48

**А. С. ЧИРВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Рассмотрены вопросы организации геодезических работ при возведении зданий повышенной этажности и металлических башенных и мачтовых сооружений мобильной связи.

**геодезические измерения, высотные здания и сооружения, обеспечение точности**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

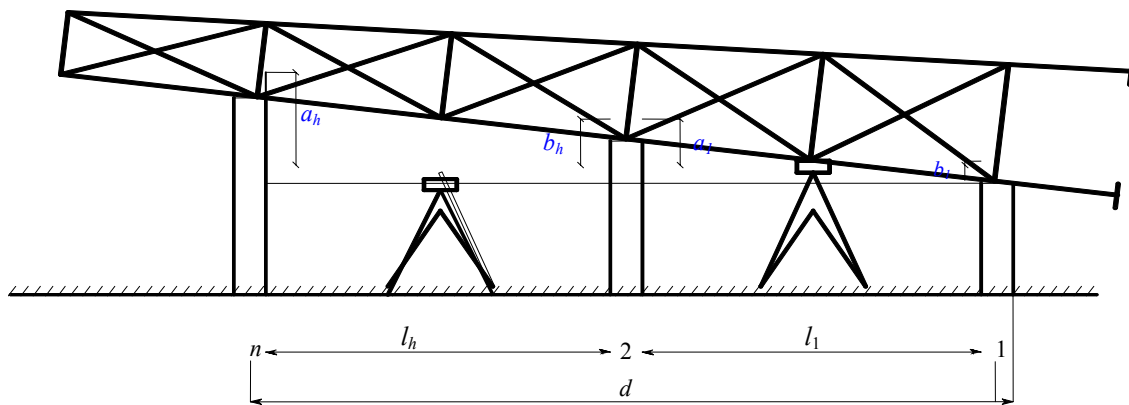
Организация геодезических работ при возведении зданий повышенной этажности и башенных сооружений неразрывно связана с технологией строительства. На одном и том же объекте геодезические работы могут одновременно осуществляться разными подразделениями в зависимости от объемов строительства и основных этапов выполнения работ. Это общие разбивочные работы на строительной площадке, земляные работы, устройство фундаментов, возведение подземной части объектов, геодезическое обеспечение строительства надземной части, выполнение наблюдений за осадками, кренами и деформациями как в процессе строительства, так и при последующей эксплуатации. Исполнительная документация, завершающая один этап работы, является исходным материалом для начала следующего этапа строительства [1].

От качественного выполнения предшествующих видов работ зависит качество последующих, что отражается на исполнительных схемах в виде отклонений от проектных размеров.

### **ЦЕЛИ**

В условиях непрерывного производства строительно-монтажных работ возникает необходимость оперативного выполнения геодезических работ. Это достигается как своевременными измерениями, так и быстрой обработкой полученных данных, особенно на характеризующих вертикальных высотах объектов, позволяющих своевременно корректировать при необходимости строительно-монтажные процессы, не допуская сверхнормативных отклонений. Систематическая выверка высотных зданий и сооружений, определение осадок и кренов должны осуществляться с начала строительства и, как правило, продолжаются в процессе последующей эксплуатации. Количество циклов измерений в период строительства должно быть не менее пяти, а в случае длительных перерывов их количество может возрасти. Первый цикл геодезических измерений выполняют по завершению возведения фундаментов, а затем при достижении 25, 50, 75, 100 % массы возводимого здания или сооружения [2]. Вертикальность высотных зданий и сооружений является одним из важнейших условий обеспечения их устойчивости, прочности и долговечности. Она характеризуется величиной отклонения точек пересечения главных или основных осей на соответствующих этажах или монтажных горизонтах от отвесных линий зданий или сооружений. В последние годы из-за отсутствия свободных площадей под застройку в крупных городах Украины активно развиваются точечное возведение высотных зданий до 24 и более этажей, мачтовых сооружений мобильной связи, высотой до 60 метров, опор ЛЭП и других объектов. Такие сооружения возводятся в Донецке, где более 80 % территории подвержено влиянию подземных горных работ, когда деформации земной поверхности вызывают их осадки и крены. Это накладывает определенные условия на технологию геодезических работ и необходимости постоянного контроля за вертикальностью высотных объектов в процессе

строительства и при последующей эксплуатации. Выверка мачтовых сооружений должна осуществляться в процессе монтажа, при натяжении каждого яруса постоянных оттяжек и после завершения строительно-монтажных работ. При установке опор мобильной связи на зданиях одновременно с определением вертикальности должны выполняться и периодические наблюдения за осадками здания. Согласно ДБН В.1.3-2-2010 «Геодезичні роботи у будівництві» при возведении зданий повышенной этажности и высотных сооружений должен разрабатываться ППГР, основными нормативными документам для которого являются государственные стандарты, строительные нормы и правила, а также проектная документация и рабочие чертежи. В зависимости от высоты возводимых высотных зданий и сооружений, условий строительной площадки применяются разные методы их возведения. Для мачтовых и башенных сооружений может применяться крупноблочный монтаж, а для малых высот сооружений оптимальным является метод полной сборки на земле и подъем с помощью падающей стрелы. В этом случае комплекс геодезических работ состоит из двух этапов: контроль геометрических параметров сооружения при сборке на земле, когда монтажные работы осуществляются на заранее установленных опорных элементах, представляющих одну наклонную плоскость, совпадающую с прямой. Опорные элементы устанавливаются с помощью геометрического нивелирования, когда пятка рейки находится вверху (рис.).



**Рисунок** – Схема определения наклона опорных элементов при сборке сооружения на земле (1, 2, ..., n-опорные П-образные элементы).

Уклон линии, соединяющей опорные элементы, вычисляется по формуле  $i = h / d$ , где  $h$  – превышение между 1 и  $n$  опорами;  $d$  – расстояние между ними.  $h = a - b$ .

После предварительной установки опорных элементов их точное приведение в проектное положение может осуществляться с помощью подкладок или винтовых реперов, устанавливаемых в верхней части до проектного положения по методике выноса проектной отметки в натуру. Подъем собранного сооружения может осуществляться с помощью кранов или лебедки и падающей стрелы после установки опоры на фундаменты или с двух станций способом наклонного проектирования. Если уклон превышает установленный допуск, производится корректирование с помощью металлических подкладок на фундаментах, затем осуществляется окончательного закрепления анкерных болтов.

При возведении металлических мачт и башенных сооружений выше 70 м может применяться метод наращивания, когда возведение сооружения осуществляется наращиванием крупных секций собранных на земле. В качестве подъемных механизмов могут использоваться краны, устанавливаемые на возведенной части сооружения. Такая технология применялась при строительстве Тбилисской, Ереванской телебашен, когда кран закреплялся на центральном стволе, количество перестановок предусматривалось проектом. При такой технологии осуществляется геодезическая выверка каждой секции на земле (на стенде), когда стыки установлены на опорных реперах, а конструкция приведена в вертикальное положение методом наклонного проектирования с двух станций (под  $90^\circ$ ). Затем производится нивелирование верха секции (опорных элементов) и эти данные устанавливаются на стенде с помощью винтовых реперов, на которые устанавливается следующая секция, опорные элементы стыков подгоняются так, чтобы обеспечивалась ее вертикальность при монтаже [3]. По завершении монтажа выполняется геодезический контроль вертикальности возведенного сооружения, на основе которого составляется исполнительный чертеж.

Предельная погрешность  $\delta_{np}$  вертикальности высотного сооружения согласно [4] не должна превышать

$$\delta_{np} = 0,0007H, \quad (1)$$

что для высоты  $H = 100$  м составит 70 мм. Используя принцип «ничтожно малого влияния» погрешностей, погрешность геодезических работ

$$m_c = m_{np} / 3, \quad (2)$$

где  $m_{np} = 0,25\delta_{np} = 70 \cdot 0,2 = 14$  мм, тогда  $m_c = 14 : 3 \approx 4,7$  мм.

Геодезический контроль вертикальности высотного сооружения осуществлялся с двух станций методом наклонного проектирования оптическим теодолитами, установленными по направлениям главных осей (под 90 градусов), поэтому общая погрешность геодезического контроля вертикальности сооружения будет равна  $m_{з.к.} = m_n \sqrt{2} = 4,7 \cdot 1,4 = 6,6$  мм. Применение данной технологии геодезических работ эффективно при возведении металлических башенных и мачтовых сооружений, позволяет оперативно осуществлять контроль их вертикальности с минимальными затратами и возводить высотные сооружения в сжатые сроки.

При возведении зданий повышенной этажности или высотных комплексов геодезических работ включает следующие виды [5]:

- создание и контроль разбивочной планово-высотной основы здания;
- разбивку и закрепление осей на фундаменте и перекрытии подземной части здания;
- разбивочные работы на каждом этаже;
- геодезический контроль планово-высотного положения и вертикальности возводимых колон, стен здания и лифтовых шахт;
- передачу отметок на рабочий горизонт;
- вынос проектных отметок под закладные детали;
- исполнительные съемки этажей;
- геодезический мониторинг в процессе строительства.

Согласно СНиП 3.03.01-87 требования к точности возводимых элементов и частей здания не должны превышать величин, приведенных в таблице 1. Принципы и методы обеспечения данной точности приведены в работе [5].

**Таблица 1** – Предельные величины отклонений при возведении зданий повышенной этажности

№	Параметр	Предельное отклонение, мм	$m_c$ , мм	Метод контроля
1	Отклонение линий плоскостей пересечения от вертикали на всю высоту конструкции для: фундаментов стен, поддерживающих перекрытия стен зданий, возводимых в опалубке	20 15 1 / 1 000 H, но не более 50 мм	4 3 6–10	Измерить каждый элемент, каждый этаж
2	Отклонения горизонтальных плоскостей на всю длину контролируемого участка	20	4	Не менее 5 измерений
3	Местные неровности поверхности	5	1	Измерить
4	Длина или пролет элементов	$\pm 20$	$\pm 4$	Измерить
5	Размер поперечного сечения элемента	$\pm 6$	$\pm 1,2$	Измерить
6	Разность отметок по высоте на стыке смежных поверхностей	3	1	Измерить стык

При создании разбивочной основы на исходном горизонте геодезические работы выполняются с точностью, указанной в таблице 2.

Для обеспечения точности переноса осей на последующие этажи зданий, до 9 этажа, можно осуществлять методом наклонного проектирования теодолитом ЗТ2КП или тахеометром. Расхождения рисков при двух кругах не должны превышать 15 мм. Проектирование осей на большую высоту осуществляется вертикальным проектированием с помощью зенит-прибора методом сквозного проектирования. Точность проектирования осей приведена в таблице 3.

Строительные реперы привязываются к городской нивелирной сети. Отметки вычисляются в абсолютной системе высот. Для выполнения разбивочных работ и геодезического контроля

Таблица 2 – Точность геодезических работ

Основания и класс точности	Характеристика объекта и геодезических работ	Среднее кВ, погрешность		
		Угловых	Линейных	Высотных
ДБН В.1.3.-2:2010	<u>24-этажный жилой дом</u> Создание планово-высотной сети на исходном горизонте	10"	1:10000	2 мм
	При работе на этаже поправка в длину рулетки за разность температур компорирования и измерения не вводится			

Таблица 3 – Точность проектирования осей

Способ проектирования, приборы	Погрешности проектирования Нм, в мм				
	10	15	20	30	60
Наклонное, 3Т2КП до 45°, 2Т5К	0,5	0,7	0,9	1,5	3,5
Вертикальное, PZL-100, (ПОВП)	0,5	0,5	0,6	0,7	1,2
Лазерный прибор НІ	0,8	1,0	1,3	2,0	3,0

монтажа конструкций, опалубки на монтажных горизонтах, основные оси передаются с исходного горизонта, для этого необходимо предусматривать сквозные проходки в перекрытиях всех этажей размером 200×200 мм. После передачи и временного закрепления осей производится контроль измерением диагоналей или сторон между смежными знаками с использованием электронных рулеток.

Высотные здания на подрабатываемых территориях требуют периодических наблюдений за осадками. Для этого в зоне стабильной поверхности земли должен закладываться куст из трех реперов, используемых в дальнейшем в качестве исходной высотной основы. Минимальное количество марок для одноподъездного здания должно быть не менее четырех. Периодичность наблюдений корректируется в зависимости от скорости протекания процесса осадки.

По завершению строительства производится исполнительная съемка здания, прилегающей территории и инженерных коммуникаций, данные которой необходимы для составления исполнительного генерального плана в соответствии с ППР и ДБН В.1.3-2:2010.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодезичний контроль у будівництві [Текст] / М. І. Лобов, П. І. Соловей, І. М. Лобов, А. М. Переварюха. – Київ : ДонНАБА, 2011. – 190 с.
2. ГОСТ 24846-95. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений [Текст]. – М. : Изд.-во стандартов, 1996. – 42 с.
3. Геодезический контроль монтажа телевизионной мачты высотой 360 м в г. Донецке [Текст] / П. И. Соловей, М. И. Лобов, А. С. Чирва, Т. В. Морозова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2007. – Вип. 2007-5(67). – С. 135–138.
4. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции [Текст]. – Взамен СНиП III-15-76; СН 383-67; СНиП III-16-80; СН 420-71; СНиП III-18-75; СНиП III-17-78; СНиП III-19-76; СН 393-78 ; введ. 1 июля 1988 г. – М. : Госстрой СССР, 1988. – 190 с.
5. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні СНиП 3.01.03-84) ; чинний від 01.09.2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 70 с.

Получено 17.10.2013

О. С. ЧИРВА

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
БУДІВНИЦТВА ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто питання організації геодезичних робіт при зведенні будівель підвищеної поверховості та металевих баштових і щоглових споруд мобільного зв'язку.

**геодезичні вимірювання, висотні будівлі і споруди, забезпечення точності**



ALEXANDER CHIRVA  
ORGANIZATIONAL BASIS OF GEODETIC SUPPORT THE CONSTRUCTION  
OF HIGH-RISE BUILDINGS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The questions of organization of geodetic work in the construction of high-rise buildings and metal tower and mast structures of mobile communication have been considered.

**geodetic measurements, high-rise buildings and facilities, to ensure accuracy**

**Чирва Олександр Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій щоглових споруд.

**Чирва Александр Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций мачтовых сооружений.

**Chirva Alexander** – PhD (Eng.), associate professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of mast structures.

УДК 666.965:541.183

**В. Б. МАРТЫНОВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **УРОВЕНЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ СТЕН ЖИЛОГО ДОМА, ВЫПОЛНЕННЫХ КЛАДКОЙ ИЗ ГАЗОПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ БЛОКОВ**

Приведены результаты исследований эксплуатируемой ограждающей конструкции (наружной стены) жилого дома, выполненной кладкой из газополлистиролбетонных блоков. Разработаны предложения по конструктиву основного узлового соединения наружная стена-колонна. По результатам расчетов установлено энергоэффективное сопряжение наружной стены с частичным заземлением колонны. Приведенное сопротивление теплопередачи составляет  $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  и коэффициент теплотехнической неоднородности  $r = 0,84$ . Проведены натурные исследования эксплуатируемой ограждающей конструкции. Установлено, что при уменьшении влажности конструкции снижается коэффициент теплопроводности и увеличивается термическое сопротивление  $R_{\Sigma \text{ср}} = 3,932 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  при влажности  $W = 14 \%$  ограждающей конструкции.

**газополлистиролбетонные блоки, энергоэффективность, коэффициент теплопроводности**

### **ВВЕДЕНИЕ. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ПРОБЛЕМЫ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

В стройиндустрии в последнее время все чаще поднимается вопрос энергоэффективности. На сегодняшний день большинство жилых зданий не соответствуют требованиям энергоэффективной эксплуатации. Теплопотери и теплотраты зданий происходят через внешние стены (30–40 % от общих потерь), через окна и балконные двери (20–30 %), через чердачные перекрытия (4–6 %), через надподвальные перекрытия и цоколи (3–5 %) и до 50 % при теплообмене в квартирах [1]. В связи с этим разрабатываются новые методики по ее учету ISO 17790, вводятся новые изменения к требованиям (зміна № 1 від 01.06.2013 р. до ДБН В.2.6-31:2006). Соответственно предъявляются новые требования к зданиям, строениям и сооружениям, конструктивным и инженерно-техническим решениям отдельных элементов, конструкциям зданий. Это вызывает необходимость разработки и внедрения в практику строительства новых материалов и конструкций с высокими теплозащитными характеристиками, обеспечивающих экономию топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации зданий и сооружений. К таким материалам можно отнести полистиролбетоны, ячеистые газо- и пенобетоны, обеспечивающие строительство комфортного жилья. Модифицированные полистиролбетоны характеризуются высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами –  $\rho_0 = 250\text{--}350 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda = 0,080\text{--}0,112 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{С}$ , F100-F200, усадка  $\epsilon$  не более 1,5 мм/м. [2]. Комбинирование ячеистых бетонов с полистирольным утеплителем обеспечивает получение эффективных стеновых изделий – газополлистиролбетонов, которые по сравнению с традиционными ячеистыми бетонами характеризуются повышенными теплофизическими свойствами [3].

Использование в составе газобетонной смеси с расчетной плотностью 800–900 кг/м<sup>3</sup> гранул вспененного полистирола как заполнителя позволит получать газополлистиролбетоны марок Д 400–Д 600. Ранее в работе [4] изучены физико-механические свойства газополлистиролбетона. Изделия из газополлистиролбетона можно использовать при возведении самонесущих стен, перегородок, заполнения наружных стен при каркасно-монолитном домостроении. Поэтому особый интерес представляет изучение эксплуатационных свойств ограждающей конструкции (наружной стены), выполненной из газополлистиролбетонных блоков.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование влияния ограждающей конструкции, выполненной кладкой из газополлистиролбетонных блоков, на показатели энергоэффективности.

## ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

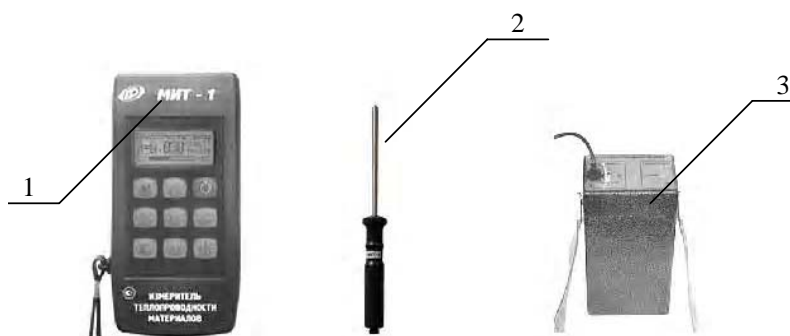
При проведении экспериментов в качестве смешанного вяжущего применяли портландцемент М 500 Балаклеевского комбината, известь негашеную первый сорт с содержанием  $\text{CaO}+\text{MgO}$  не менее 80 %, кремнеземистый компонент – золу-унос Кураховской ТЭС, алюминиевую пудру ПАП-2. В качестве заполнителя использовали гранулы вспененного полистирола – отход дробления обрезков пенополистирольных массивов. Средняя плотность используемого вспененного полистирола составляет 33 кг/м<sup>3</sup>.

Формовали газополлистиролбетонные блоки с размерами 0,500×0,300×0,300 м с расчетной средней плотностью 900 кг/м<sup>3</sup>. Фактическая марка по средней плотности блоков Д500, класс по прочности при сжатии В2.

Расчетное термическое сопротивление наружной стены из газополлистиролбетонных блоков на клеевом растворе толщиной 5 мм составило  $R = 3,29 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ . Наружная стена облицована с внутренней и внешней сторон теплоизоляционной штукатуркой «Тепловер» толщиной 20 мм.

Коэффициент теплопроводности определяли измерителем теплопроводности материалов «МИТ-1», который предназначен для оперативного определения теплопроводности теплоизоляционных материалов зондовым методом.

Прибор «МИТ-1» (рис. 1) состоит из электронного блока (1), измерительного зонда (2) и внешнего источника питания (3) с выходным напряжением 9В. На лицевой панели корпуса электронного блока расположены клавиатура и окно графического дисплея. Принцип действия прибора основан на измерении изменения температуры измерительного зонда за определенное время при его нагреве постоянной мощностью. Рабочие условия эксплуатации прибора таковы: диапазон температур –10...+40 °С, относительная влажность воздуха до 80 %, атмосферное давление 84,0...106,7 кПа.



**Рисунок 1** – Измеритель теплопроводности материалов «МИТ-1»: 1 – электронный блок; 2 – измерительный зонд; 3 – внешний источник питания.

Измерение параметров окружающей среды осуществляется при помощи прецизионного термогигрометра «Meterman TRH22» (рис. 2). Диапазон измерения температуры от –20 до +60 °С и относительной влажности воздуха от 0 до 100 %.

Температура поверхности исследуемой наружной стены определяется термометром с ИК-технологией измерений «Meterman IR608» (рис. 3). ИК-технология позволяет термометру не касаться объекта при измерении его температуры. Диапазон измерения температуры от –18 до +400 °С.

## ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЙ

Как правило, для снижения энергетических затрат при проектировании наружных стен здания одним из основных решений является увеличение толщины теплоизоляционного или конструктивно-теплоизоляционного слоя ограждающей конструкции. В то же время известно, что при увеличении сопротивления теплопередаче наружных стен возрастает сток теплоты через теплопроводные включения, откосы проемов, стыки с плитами перекрытия, покрытия, колонн. При этом резко снижается величина приведенного сопротивления теплопередаче по сравнению с сопротивлением теплопередаче, рассчитанным по «глади» конструкции [5].



Рисунок 2 – Термогигрометр «Meterman TRH22».



Рисунок 3 – Термометр «Meterman IR608».

Произведен расчет приведенного сопротивления теплопередачи фрагмента сопряжения наружной стены из газополитиробетонных блоков и железобетонной колонны с полным и частичным заземлением. Размеры сечения колонны 0,300×0,300 м.

Приведенное сопротивление теплопередачи рассчитывалось для каждого узлового соединения наружной стены и колонны с помощью численного моделирования температурных полей с использованием программы THERM 7.0.

Данный метод сечений позволяет учитывать в полной мере влияние всех теплопроводных включений и дополнительных теплопотерь через участки конструкции, а также отражает трансмиссионные потери теплоты через наружную стену.

Результаты расчетов представлены на рис. 4 и табл. 1. Анализ полученных результатов показывает, что значительны стоки теплоты через участки примыкания колонны внутри наружной стены, что не наблюдается при сопряжении частичного размещения колонны в наружной стене.

Таблица 1 – Результаты расчета приведенных сопротивлений теплопередачи

Виды конструкции наружной стены	Вид сопряжения	Тепловой поток $U$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Коэффициент теплотехнической однородности $g$	Сопротивление теплопередачи, м <sup>2</sup> ·К/Вт	
				по основному полю, $R_{\Sigma}$	приведенное, $R_{\Sigma пр}$
Кладка из газополитиробетонных блоков	I	0,69	0,40	3,61	1,45
	II	0,33	0,84		3,32

В то же время температура поверхности конструкции для II вида сопряжения составляет 18,6 °С, что соответствует нормативным требованиям, а температура поверхности конструкции для I вида сопряжения составляет 4 °С, что не допустимо.

При этом коэффициент теплотехнической однородности составил для I вида сопряжения  $r = 0,4$ , что значительно ниже допустимого согласно [6] и II вида сопряжения  $r = 0,84$ .

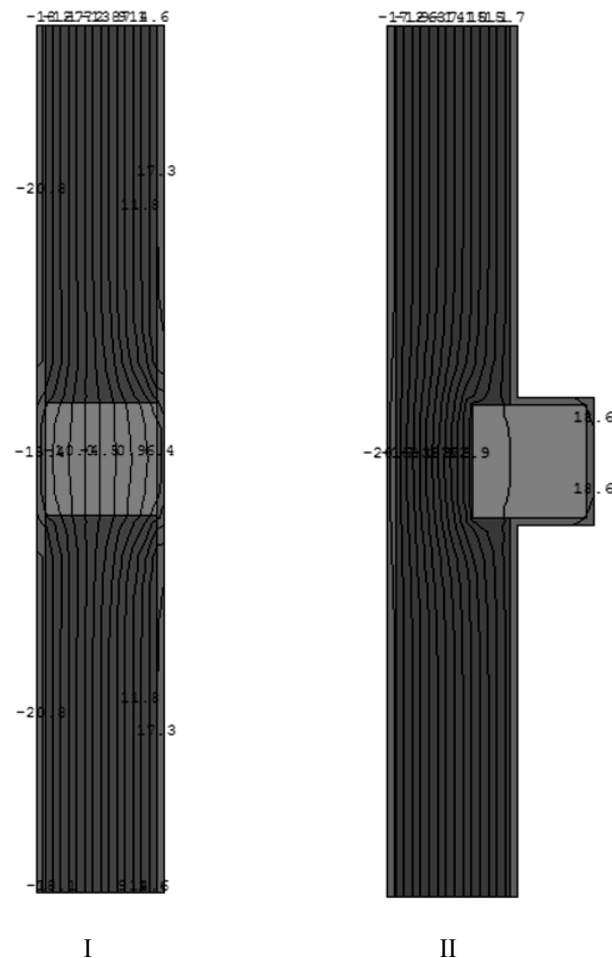
Приведенное сопротивление теплопередачи для II вида сопряжения также значительно выше  $R_{\Sigma пр} = 3,32$  м<sup>2</sup>·К/Вт, чем для I вида сопряжения  $R_{\Sigma пр} = 1,45$  м<sup>2</sup>·К/Вт.

Кроме того, проведены натурные исследования ограждающей конструкции. Измеряли коэффициент теплопроводности и по результатам измерений температуры как внутренней, так и наружной поверхности стены, рассчитывали сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции.

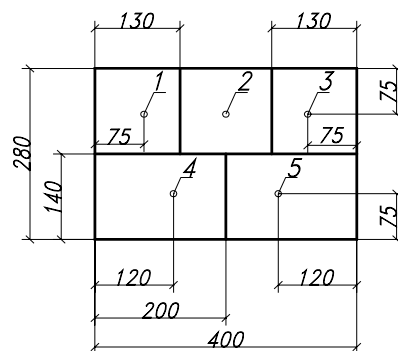
Также определяли влажность образцов-цилиндров стандартным методом.

Образцы выпиливались из ограждающей конструкции. Схема размещений точек измерений элемента ограждающей конструкции представлена на рис. 5. Результаты расчетов сведены в табл. 2.

В начальный момент проведения натурных исследований зафиксировано термическое сопротивление  $R_{\Sigma, ср} = 2,984$  м<sup>2</sup>·К/Вт при влажности  $W = 27$  % ограждающей конструкции. При уменьшении влажности конструкции наблюдается снижение коэффициента теплопроводности и увеличение термического сопротивления  $R_{\Sigma, ср} = 3,932$  м<sup>2</sup>·К/Вт при влажности  $W = 14$  % ограждающей конструкции. В то же время наблюдается снижение термического сопротивления от  $R_{\Sigma, ср} = 4,763$  м<sup>2</sup>·К/Вт до  $R_{\Sigma, ср} = 4,006$  м<sup>2</sup>·К/Вт. Это



**Рисунок 4** – Распределение плотности теплового потока по сечению наружной стены и колонны: I – размещение колонны внутри наружной стены; II – частичное размещение колонны в наружной стене.



**Рисунок 5** – Схема размещения точек измерений элемента ограждающей конструкции.

связано с изменением температурно-влажностного режима наружной стены. Недооценка температурно-влажностного режима эксплуатируемого ограждения может привести к выпадению конденсата, систематическому влагонакоплению в толще конструкции, снижению долговечности, а иногда и разрушению [7].

**По результатам исследования можно сделать следующие выводы:** ограждающая конструкция (наружная стена) выполненная кладкой из газополестиrolбетонных блоков с видом сопряжения частичного размещения колонны в наружной стене отвечает современным требованиям строительства Украины по энергоэффективности. Приведенное сопротивление теплопередачи составляет  $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,03 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  и коэффициент теплотехнической однородности  $r = 0,84$ . Для остальных видов сопряжения конструкций необходимо предусмотреть теплоизоляцию, что требует дополнительных капиталовложений. При

Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов ограждающей конструкции

Дата, месяц, год	№ точки	Температура внутренней поверхности ограждения, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Температура внешней поверхности ограждения, $t_{вн}, ^\circ\text{C}$	Температура наружной поверхности ограждения $t_{н}, ^\circ\text{C}$	Влажность воздуха внутри помещения, $W_{в}, \%$	Влажность наружного воздуха, $W_{н}, \%$	Температура внешней поверхности ограждения, $t_{вн}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент теплопро- водности, измеренный с внутренней стороны $\lambda_{в}, \text{Вт}\cdot\text{м}^\circ/\text{C}$	Коэффициент теплопро- водности, измеренный с внутренней стороны ограждения, $\lambda_{н}, \text{Вт}\cdot\text{м}^\circ/\text{C}$	Среднее значение коэффи- циента тепло- провод- ности, $\lambda_{ср},$ $\text{Вт}\cdot\text{м}^\circ/\text{C}$	Термичес- кое сопро- тивление, $R_{\Sigma}, \text{м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$	Среднее терми- ческое сопро- тивление, $R_{\Sigma,ср},$ $\text{м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$
07.05.13 г.	1	21,2		17,4				0,0898	0,1083	0,0991	3,18	2,984
	2	21,2		18,1				0,0944	0,1046	0,0995	2,59	
	3	21,6		17,9		35		0,0884	0,1032	0,0958	3,2	
	4	20,8		17,8				0,0832	0,0925	0,0879	2,83	
	5	21,2		17,6				0,0863	0,1050	0,096	3,11	
17.05.13 г.	1	24,2		25,4				0,1060	0,0903	0,0982	4,61	4,763
	2	24,4		25,6				0,1046	0,0933	0,099	4,57	
	3	24,6		26		51		0,1070	0,1034	0,1052	5,02	
	4	24		25,1				0,0956	0,0891	0,0924	4,5	
	5	24,2		25,6				0,1044	0,1031	0,1038	5,09	
31.05.13 г.	1	25,8		30				0,0958	0,1099	0,103	3,96	4,006
	2	25,8		29,6				0,0882	0,0906	0,0894	4,13	
	3	26,2		30,4		28,1		0,0957	0,1193	0,1075	3,8	
	4	25,8		29,8				0,0846	0,1215	0,1031	3,77	
	5	25,8		30,2				0,0942	0,101	0,0976	4,37	
05.06.13г.	1	23,8		21,4				0,0927	0,0988	0,0958	3,7	4,05
	2	24		21,2				0,0903	0,0897	0,0900	4,1	
	3	24,4		22,2		68,9		0,089	0,0958	0,0924	3,52	
	4	23,8		19,6				0,0764	0,1139	0,0952	4,35	
	5	23,8		19,6				0,0938	0,0868	0,0903	4,58	
14.06.13г.	1	26,4		32,8				0,0913	0,1030	0,0972	3,07	3,932
	2	26,6		32,6				0,0899	0,1059	0,0979	2,85	
	3	26,8		36,2		30,6		0,0895	0,0999	0,0947	4,62	
	4	26,8		36,2				0,0822	0,1046	0,0934	4,68	
	5	26,8		36,2				0,0938	0,1031	0,0985	4,44	

уменьшении влажности эксплуатируемой ограждающей конструкции от  $W = 27\%$  до  $W = 14\%$  снижается коэффициент теплопроводности и повышается термическое сопротивление от  $R_{\Sigma, \text{ср}} = 2,984 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  до  $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,932 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ , что превосходит по требованиям значения коэффициента сопротивления теплопередачи для жилых зданий в некоторых европейских странах, таких как Нидерланды, Германия, Италия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиротин, О. В. Актуальные проблемы и перспективы массового применения автоклавного газобетона в строительстве Украины [Текст] / О. В. Сиротин // Технологии бетонов. – 2012. – № 9–10. – С. 47–49.
2. Сахаров, Г. П. Теплоизоляционные экологически безопасные материалы для ограждающих конструкций зданий [Текст] / Г. П. Сахаров // Технологии бетонов. – 2005. – № 1. – С. 20–22.
3. Влагоперенос в многослойных изделиях из полистиролгазобетона [Текст] / А. А. Пак, Р. Н. Сухорукова, Д. А. Андреев, А. М. Цирлин // Строительные материалы. – 2007. – № 6. – С. 48–49.
4. Мартынова, В. Б. Неавтоклавные ячеистые бетоны с повышенными физическими и механическими свойствами [Текст] : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / Мартынова В. Б. ; ДонНАБА. – Макеевка, 2008. – 23 с.
5. Детлеф Вернеке. Энергоэффективное строительство – это мировая тенденция [Текст] / Детлеф Вернеке // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 10. – С. 26–27.
6. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – На заміну СНиП II-3-79 ; чинні від 2007-04-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 71 с.
7. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К. Ф. Фокин. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1973. – 287 с.

Получено 18.10.2013

**В. Б. МАРТИНОВА**

**РІВЕНЬ ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ СТІН ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ,  
ВИКОНАНИХ КЛАДКОЮ З ГАЗОПОЛІСТИРОЛБЕТОННИХ БЛОКІВ**

**Донбаська національна академія будівництва і архітектури**

Наведені результати досліджень експлуатованої огорожувальної конструкції (зовнішньої стіни) житлового будинку, виконаної кладкою з газополістиролбетонних блоків. Розроблені пропозиції з конструктиву основного вузлового з'єднання зовнішньої стіна-колона. За результатами розрахунків встановлено, енергоефективне з'єднання зовнішньої стіни з частковим защемленням колони. Приведений опір теплопередачі складає  $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,03 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  та коефіцієнт теплотехнічної неоднорідності  $r = 0,84$ . Проведено натурні дослідження експлуатованої огорожувальної конструкції. Встановлено, що при зниженні вологості конструкції знижується коефіцієнт теплопровідності та збільшується термічний опір  $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,932 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  при вологості  $W = 14\%$  огорожувальної конструкції.

**газополістиролбетонні блоки, енергоефективність, коефіцієнт теплопровідності**

**VITA MARTYNOVA**

**LEVEL OF HEAT COVER OF OUTWARD SHEENS OF DWELLING-HOUSE,  
EXECUTED LAYING FROM GASPOLYSTYROLCONCRETE BLOCKS**

**Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**

The results of researches of on-the-road non-load-bearing construction (out wall) of dwelling-house are Resulted, executed laying from gaspolystyrolconcrete blocks have been given. Suggestions on constructive basic key connections outward wall-column have been developed. On results calculations, energy effective interface of out wall with partial jamming of column have been found out. Given resistance of heat transfer makes  $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,03 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  and coefficient of heating engineering heterogeneity of  $r = 0,84$ . Model researches of on-the-road non-load-bearing construction have been carried out. Is has been found out that at diminishing of humidity of construction the coefficient of heat conductivity backs off and thermal resistance of  $R_{\Sigma, \text{ср}} = 3,932 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  at humidity of  $W = 14\%$  of the non-load-bearing construction increases.

**gaspolystyrolconcrete blocks, energy effectiveness, coefficient of heat conductivity**

**Мартынова Віта Борисівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури промислових та цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: ніздрюваті бетони з підвищеними фізико-механічними властивостями.

**Мартынова Вита Борисовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: ячеистые бетоны с повышенными физическими и механическими свойствами.

**Martynova Vita** – PhD (Eng.), Associate Professor, Architecture of Industrial and Civil Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cellular concrete with increased physical and mechanical properties.



УДК 622.376.52

**Ф. Ф. СТИФЕЕВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭРЛИФТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Практикой подтверждено, что наряду с насосными агрегатами, земснарядами, драгами, гидроэлеваторами для проведения дноуглубительных строительных работ могут быть применены и эрлифтные установки. Последние имеют целый ряд преимуществ. В настоящей статье рассматривается работа эрлифта по транспортировке горной массы при производстве земляных работ в условиях, например, строительства опор мостовых сооружений с целью определения уже на стадии проектирования его теоретической расходной характеристики. При этом для обобщения результатов работы принято решение об исследовании изменения рабочих параметров эрлифта в безразмерных координатах. Поэтому предлагаемая в настоящей статье методика предполагает вначале определить расходную характеристику эрлифта при работе на воде, а затем установить теоретическую расходную характеристику эрлифта при транспортировании последней пульпы определенной плотности. При этом автор руководствовался как исследованиями расходных характеристик в безразмерном виде, так и в стандартных координатах. На основании указанных безразмерных характеристик предложена методика установления теоретической расходной характеристики эрлифта.

**эрлифт, пульпа, теоретическая расходная характеристика**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Применение эрлифтных установок для дноуглубительных работ, главным образом, при строительстве мостов и аналогичных объектов, заключается в разрушении забоя с последующим транспортированием пульпы, как по вертикали, так и в горизонтальном направлении в сторону складирования твердого материала. Подлежащий извлечению грунт, как правило, классифицируется по категориям: пески, глины (в том числе суглинки и/или супеси), пески и галька, галька, щебеночные, скальные и полускальные. Применение в этих ситуациях средств гидромеханизации возможно только при грунтах песчаных либо песчаных с наличием включений гальки. Известные способы разработки подобных грунтов предполагают применение эрлифтов, что, в общем-то, оправдано, для разрушения и последующего транспортирования песчаных и/или песчаных с включениями гальки грунтов. Вместе с тем, предлагаемые геометрические параметры эрлифта и его рабочие характеристики, как-то: производительность (подача) и расход воздуха при работе по дноуглублению, а следовательно, и при переменном относительном погружении смесителя – исследованы только в первом приближении.

**Целью** настоящей работы является разработка методики установления теоретической расходной характеристики эрлифта, предназначенного для проведения дноуглубительных строительных работ.

**Известно** применение эрлифтных установок для проведения строительных дноуглубительных работ [1–5].

**Для установления теоретической расходной характеристики эрлифта** рассмотрим различные режимы эксплуатации установки. Гидравлическая схема эрлифта для дноуглубительных работ представлена на рис. 1.

Установка в основном состоит из подъемной трубы – 1, воздухоотделителя – 2, смесителя – 3, грунтозаборного (дозировочного) устройства – 4, подающей трубы – 5, нагнетателя сжатого воздуха (компрессора или воздуходувки) – 6, воздухопровода – 7, сливного патрубка – 8.

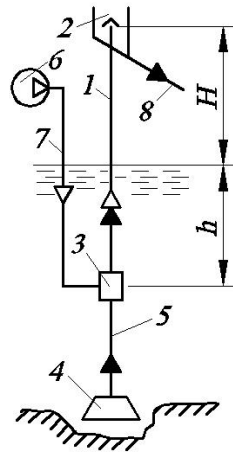


Рисунок 1 – Гидравлическая схема эрлифтной установки.

По принципу действия (ГОСТ 17318-72) эрлифты относятся к динамическим насосам трения. В них гидросмесь (пульпа) поднимается под действием сил, возникающих при относительном движении воздуха, жидкой фазы (воды) и твердых частиц.

Проведение дноуглубительных работ предполагает непосредственный контакт грунтосборного устройства с забоем. Следовательно, возможны два технических решения: 1) подвесить эрлифт на кране с обеспечением спуска/подъема установки для разработки забоя; при этом будут изменяться как высота подъема  $H$ , так и заглубление смесителя  $h$ , или 2) применение эрлифта с телескопической подъемной трубой [6]. При этом грунтосборное устройство будет, по мере разработки забоя, опускаться вместе с подъемной трубой, что позволит обеспечить  $H = \text{const}$  и  $h = \text{var}$ . В настоящей статье рассматривается второй вариант возможного технического решения эрлифта.

Для построения теоретической расходной характеристики эрлифта, т. е. для получения на стадии проектирования зависимости производительности (подачи) установки от расхода воздуха, воспользуемся методом, который предложил проф. Логвинов Н. Г. [7]. Расходная характеристика строится в безразмерных координатах  $\bar{Q}_B$  (безразмерный расход воздуха) –  $\bar{Q}_3$  (безразмерная производительность эрлифта), которые соответственно равны:

$$\bar{Q}_B = Q_B / Q_{B, \text{опт}} \text{ и } \bar{Q}_3 = Q_3 / Q_{3, \text{опт}},$$

где  $Q_{B, \text{опт}}$  и  $Q_{3, \text{опт}}$  – расход воздуха и подача эрлифта на оптимальном режиме;  
 $Q_B$  и  $Q_3$  – расход воздуха и подача эрлифта на другой режимной точке.

В этих координатах безразмерная характеристика эрлифта математически описывается как дуга окружности радиусом  $R = \sqrt{2}$  с центром, имеющим координаты  $\bar{Q}_B = 2$  и  $\bar{Q}_3 = 0$  (рис. 2).

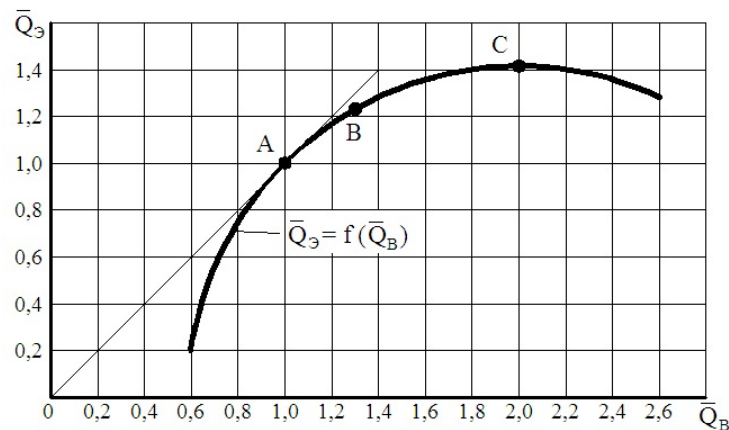


Рисунок 2 – Безразмерная характеристика эрлифта.

На графике безразмерной характеристики эрлифта показаны три очень важные режимные точки: 1) точка А – характеризует оптимальный режим работы, т. е. режим с максимальным КПД эрлифта. Данный режим сопровождается значительными динамическими нагрузками периодического действия на все элементы установки, вызванные четочной (снарядной) структурой движения гидросмеси в подъемной трубе, поэтому на практике не применяется; 2) точка С – характеризует рабочий режим с максимальной, для данных условий, производительностью (или подачей) эрлифта. При этом режиме:

$$Q_{В,МАХ} = 2Q_{В,ОПТ} \text{ и } Q_{Э,МАХ} = 1,41 Q_{Э,ОПТ}; \quad (1)$$

3) точка В – расчетный режим эксплуатации эрлифта, при котором

$$Q_{В,Р} = 1,3Q_{В,ОПТ} \text{ и } Q_{Э,Р} = 1,23Q_{Э,ОПТ} \quad (2)$$

Построим теоретическую расходную характеристику эрлифта. Сложность процессов, происходящих в подъемной трубе эрлифта при движении трехфазной (воздух – вода – твердое) среды, не позволила к настоящему времени исследователям составить достаточно корректное дифференциальное уравнение движения пульпы. Поэтому воспользуемся апробированной на практике методикой [8], основным положением которой является определение режимной точки расходной характеристики через безразмерные коэффициенты удельного расхода воздуха  $q$  и производительности  $c$ .

Как известно, основным критерием подобия эрлифтных установок является относительное погружение смесителя – отношение заглубления смесителя под уровень воды ко всей длине подъемной трубы:

$$\alpha = h / (h + H).$$

При работе дноуглубительного эрлифта высота подъема пульпы  $H = \text{const}$ , а заглубление смесителя  $h$  меняется. При этом изменяется и относительное погружение  $\alpha$ . Для расчетного режима эксплуатации эрлифта, на основе обработки большого числа экспериментальных данных предложены [8, 9] следующие эмпирические зависимости для определения удельного расхода воздуха и коэффициента производительности:

$$q = 0,767\alpha^{-2,2}, \quad (3)$$

и

$$c = -1,96 + 8,96\alpha + 2,57 [1 - e^{-0,5[Q_{В,Р}/Q_6 - 1]}]. \quad (4)$$

В выражении (4)  $Q_6$  – расход воздуха на барботажном режиме,  $Q_6 = 0,6$  [9]. Третье слагаемое этого выражения для рассматриваемого расчетного режима работы эрлифта есть величина постоянная, равная 1,05. Тогда зависимость (4) преобразуется к виду:

$$c = 8,96\alpha - 0,91. \quad (5)$$

В упомянутой методике проф. Гейера В. Г. [8] требуемый расход воздуха и производительность эрлифта на расчетном режиме определяются зависимостями:

$$Q_{В,Р} = qQ_{Э,Р} \text{ и } Q_{Э,Р} = cD^{2,5}. \quad (6)$$

Эти выражения (6) с учетом (3) и (5) принимают вид:

$$Q_{Э,Р} = (8,96\alpha - 0,91)D^{2,5} \text{ и } Q_{В,Р} = 0,767\alpha - 2,2(8,96\alpha - 0,91)D^{2,5}. \quad (7)$$

Таким образом, при прочих равных условиях эксплуатации, диаметре подъемной трубы, параметрах транспортируемой пульпы производительность эрлифта и требуемый расход воздуха определяются только значением относительного погружения смесителя.

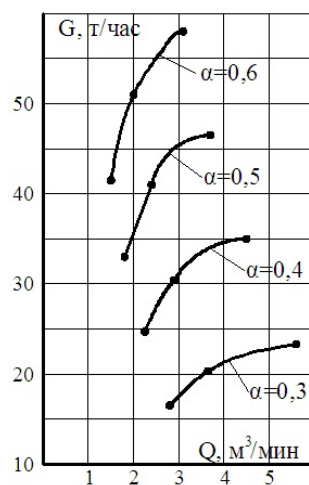
Автором установлено [10], что с повышением плотности транспортируемой эрлифтом пульпы объемная производительность  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ) эрлифта существенно падает, массовая же  $G$  ( $\text{т}/\text{час}$ ), в пределах массовой консистенции Т:Ж до 1:1 остается, в первом приближении, постоянной. Поэтому в дальнейших расчетах будем оперировать массовой производительностью эрлифта.

Исследуем работу эрлифта с диаметром подъемной трубы  $D = 0,1$  м при изменении относительного погружения от начального значения  $\alpha_0 = 0,3$  до конечного  $\alpha_k = 0,6$ . Это может быть, например, при проведении дноуглубительных работ при высоте подъема  $H = 4$  м, начального заглубления  $h_0 = 1,7$  м и глубине забоя  $h_k = 4,3$  м. Определение необходимого расхода воздуха и производительности

эрлифта для каждой из точек А, В и С расходной характеристики эрлифта вычисляем по зависимостям (1)–(7). Результаты вычислений приведены в таблице 1 и графически представлены на рис. 3.

**Таблица 1** – Результаты вычислений значений режимных точек при подъеме воды

$\alpha$	0,3	0,4	0,5	0,6
$q$	10,8	5,76	3,52	2,36
$c$	1,78	2,67	3,57	4,47
$G_p$ , т/ч	20,3	30,4	40,6	50,9
$Q_p$ , м <sup>3</sup> /мин	3,65	2,92	2,38	2,00
$G_{опт}$ , т/ч	16,5	24,7	33,0	41,4
$Q_{опт}$ , м <sup>3</sup> /мин	2,81	2,25	1,83	1,54
$G_{max}$ , т/ч	23,3	34,8	46,5	58,3
$Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /мин	5,62	4,50	3,66	3,08



**Рисунок 3** – Расходные характеристики при транспортировании воды.

В этой таблице приняты следующие обозначения:  $G_p$ ,  $G_{опт}$ ,  $G_{max}$  – производительность (подача) эрлифта на расчетном (точка В), оптимальном (точка А) и максимальном (точка С) режимах;  $Q_p$ ,  $Q_{опт}$ ,  $Q_{max}$  – расход воздуха на расчетном, оптимальном и максимальном режимах, соответственно.

Как следует из приведенных вычислений и графиков, с увеличением относительного погружения все режимные точки расходных характеристик смещаются в область меньших значений расходов воздуха. При этом производительность эрлифта, по отношению к начальному значению, определяемому исходным относительным погружением, возрастает. К такому же выводу пришел и А.-Ф. Mahrous [11], но при изучении расходных характеристик эрлифта на модели меньших размеров и при других относительных погружениях.

Предлагаемая автором методика построения теоретической расходной характеристики эрлифта, как ранее упоминалось, заключается в двух этапах: вначале строим характеристику при транспортировании эрлифтом воды, а затем корректируем ее в зависимости от параметров пульпы: ее плотности и плотности транспортируемых твердых фракций. В работе [10] установлено, что в диапазоне относительных погружений от 0,2 до 0,6 и при диаметре подъемной трубы  $D > 50$  мм удельный расход воздуха при транспорте пульпы равен:

$$q_n = kq,$$

где  $k$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние плотности пульпы и плотности транспортируемых твердых масс. Этот коэффициент равен:

$$k = \sqrt{3}(\rho_{тв}^* - 0,65)(\rho^* - 1) + 1,$$

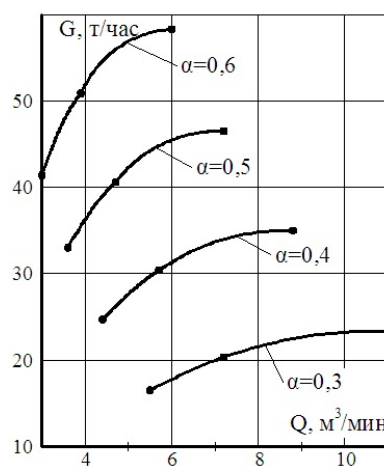
где  $\rho_{тв}^*$  – относительная плотность транспортируемых твердых фракций (отношение плотности твердых фракций к плотности воды);

$\rho^*$  – относительная плотность пульпы (отношение средней плотности пульпы к плотности воды).

Определим расходные характеристики упомянутого эрлифта при подъеме речного песка плотностью  $2500 \text{ кг/м}^3$ . Допустим, что плотность пульпы при этом составляет  $1300 \text{ кг/м}^3$  (массовая консистенция  $T:Ж = 5:8$ ). При этих условиях удельный расход воздуха составит  $q_{\text{п}} = 1,96q$ . Результаты вычислений значений расхода воздуха и массовой подачи эрлифта, которая, как уже упоминалось, практически остается неизменной, приведены в таблице 2. Графически теоретические расходные характеристики представлены на рис. 4.

**Таблица 2** – Результаты вычислений параметров режимных точек при подъеме пульпы

$\alpha$	0,3	0,4	0,5	0,6
$q_{\text{п}}$	21,2	11,3	6,9	4,6
$c$	1,78	2,67	3,57	4,47
$G_{\text{р}}, \text{ т/ч}$	20,3	30,4	40,6	50,9
$Q_{\text{р}}, \text{ м}^3/\text{мин}$	7,2	5,7	4,7	3,9
$G_{\text{ОПТ}}, \text{ т/ч}$	16,5	24,7	33,0	41,4
$Q_{\text{ОПТ}}, \text{ м}^3/\text{мин}$	5,5	4,4	3,6	3,0
$G_{\text{МАХ}}, \text{ т/ч}$	23,3	34,8	46,5	58,3
$Q_{\text{МАХ}}, \text{ м}^3/\text{мин}$	11,0	8,8	7,2	6,0



**Рисунок 4** – Расходные характеристики при транспортировании пульпы.

Вычисления и графики показывают, что с ростом плотности пульпы режимные точки расходных характеристик смещаются в область более высоких значений расхода воздуха – в нашем примере необходимый для устойчивой работы эрлифта расход воздуха возрос на 96 % относительно потребляемого при транспортировании воды.

## ВЫВОДЫ

В настоящей статье предложена методика расчета теоретической расходной характеристики эрлифта как при переменном значении относительного погружения в заданных пределах, так и при постоянном значении этого показателя. Также методика учитывает основные параметры транспортируемой пульпы: ее плотности и плотности твердого материала. Предлагаемая методика позволяет уже на стадии проектирования эрлифта устанавливать эксплуатационные значения нагнетателя сжатого воздуха.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимирский, С. Р. Механизация строительства мостов [Текст] : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Мосты и транспорт, тоннели» / С. Р. Владимирский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб. : Изд-во ДНК, 2006. – 152 с. – ISBN 5-901562-54-2.
2. Бобриков, Б. В. Строительство мостов [Текст] : Учебник для вузов железнодорожного транспорта / Б. В. Бобриков. – М. : Транспорт, 1978. – 296 с.

3. Александров, В. Д. Карманный справочник производителя работ ОАО «Мостотрест» [Текст] / В. Д. Александров. – Изд. пятое. – Москва : ООО «Печатный двор "На Алексеевской"», 2008. – 374 с.
4. Стифеев, Ф. Ф. Определение рациональной плотности пульпы в подъемной трубе эрлифта [Текст] / Ф. Ф. Стифеев // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури / М-во освіти і науки України, Донбаська нац. академія будівництва і архітектури. – Макіївка, 2012. – Вип. 2012-5(97) : Будівельні конструкції будівель та споруд. – С. 86–91. – ISSN 1814-3296.
5. Мойсейчик, Е. К. Строительство свайных фундаментов на акватории [Текст] : уч.-метод. пособие для студентов дорожных специальностей / Е. К. Мойсейчик, А. С. Мацкевич. – Минск : БНТУ, 2005. – 40 с. – ISBN 985-479-160-2.
6. А. с. 1250734 СССР, МКИЗ F 04 F 1/18. Эрлифт для подъема металлосодержащих пульп [Текст] / В. С. Костанда, Н. Г. Логвинов, Ф. Ф. Стифеев (СССР). – № 3855507 ; заявл. 11.02.1985 ; опубл. 15.08.86, Бюл. № 30.
7. Логвинов, Н. Г. Исследование динамики эрлифтов с целью создания автоматизированных гидropодъемов шахт большой глубины [Текст] : дис. ... доктора техн. наук : 05.173 / Логвинов Николай Григорьевич. – Донецк, 1972. – 359 с.
8. Эрлифтные установки [Текст] : Учебное пособие / В. Г. Гейер, Л. Н. Козыряцкий, В. С. Пашенко, Я. К. Антонов. – Донецк : ДПИ, 1982. – 64 с.
9. Малеев, В. Б. Работа эрлифта при постоянном расходе сжатого воздуха [Текст] / В. Б. Малеев, А. В. Игнатов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. «Гірничо-геологічна» / Донец. нац. техн. ун-т. – 2008. – Вип. 7(135). – С. 108–113.
10. Стифеев, Ф. Ф. Разработка эрлифтов для подъема пульп повышенной плотности [Текст] : дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.06 / Стифеев Федор Федорович. – Донецк, 1985. – 262 с.
11. Mahrous, A.-F. Performance Study of an Airlift Pump with Bent Riser Tube [Текст] / A.-F. Mahrous // WSEAS TRANSACTIONS on APPLIED and THEORETICAL MECHANICS. – 2013. – Issue 2, Volume 8. – P. 136–145. – ISSN 2224-3429.

Получено 24.10.2013

**Ф. Ф. СТИФЕЕВ**

#### **ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ВИТРАТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕРЛІФТА ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ Донбаська національна академія будівництва і архітектури**

На практиці доведено, що разом з насосними агрегатами, земснарядами, драгами, гідроелеваторами для проведення днопоглиблювальних будівельних робіт також можуть бути застосовані ерліфтні установки. Останні мають цілий ряд переваг. У цій статті розглядається робота ерліфта по транспортуванню гірської маси при виконанні земляних робіт в умовах, наприклад, будівництва опор мостових споруд з метою визначення її теоретичної витратної характеристики вже на стадії проектування. При цьому для узагальнення результатів роботи прийнято рішення про дослідження зміни робочих параметрів ерліфта у безрозмірних координатах. Саме тому методика, що запропонована в даній статті, передбачає спочатку визначити витратну характеристику ерліфта при роботі на воді, а потім визначити теоретичну витратну характеристику ерліфта при транспортуванні останнім пульпи певної густини. При цьому автор керувався як дослідженнями витратних характеристик у безрозмірному вигляді, так і у стандартних координатах. На основі зазначених безрозмірних характеристик запропонована методика визначення теоретичної витратної характеристики ерліфта.

**ерліфт, пульпа, теоретична витратна характеристика**

**FEODOR STIFEEV**

#### **DETERMINATION OF THEORETICAL CONSUMPTION CHARACTERISTIC OF AIR-LIFT DURING THE BOTTOM DREDGING CONSTRUCTION**

**Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**

This is confirmed in practice that together with pumping units, excavation machinery, dredges, hydro elevators for the dredging of construction works there also can be used air-lift's setups. They have a lot of advantages. In this article there examined work of air-lift transporting ore mass during digging in, for example, building pillars of bridges to determine within the basic project its theoretical outgo characteristic. At the same time, to summarize the results of the work, it was decided to study changes in the operating parameters of the air-lift in dimensionless coordinates. Therefore, the proposed in this article method firstly assumes to determine the performance curve of air-lift working on the water, and then, to establish theoretical performance curve of air-lift during transporting of a certain density pulp. The author was guided by a

research of flow rate characteristics in a dimensionless form and in the standard coordinates. On the basis of these non-dimensional characteristics there was proposed a method of establishing a theoretical expenditure characteristics of the air-lift.

**air-lift, pulp, theoretical expenditure characteristic**

**Стіфєєв Федір Федорович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження та розробка ерліфтних установок для підйому матеріалу різної фракції та густини.

**Стифеев Федор Федорович** – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование и разработка эрлифтных установок для подъема твердого материала различной крупности и плотности.

**Stifeev Feodor** – PhD (Eng.), the Associate Professor, Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil and Architecture, Scientific researches: research and development of airlift installations for solid material of various size and density lift.

УДК 625.7.06

**Н. П. НАГОРНА<sup>а</sup>, Н. О. СТОЛЯРОВА<sup>б</sup>, Д. В. ГУЛЯК<sup>с</sup>, В. П. ДЕМЕШКІН<sup>с</sup>**

<sup>а</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, <sup>б</sup> Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ Донецького національного технічного університету, <sup>с</sup> Донбаська національна академія будівництва і архітектури

## **СУЧАСНІ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА І ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

У процесі дослідження використано спеціальні методи дослідження: сканувальну електронну мікроскопію, термогравіметрію, резонансно-акустичний метод, ІЧ-спектроскопію. Запропоновані способи ямкового ремонту в несприятливих погодних умовах сучасними дорожньо-будівельними матеріалами; наведено технологію виробництва та укладання сумішей при поточному ремонті і будівництві асфальто- і дьогтебетонних покриттів нежорстких дорожніх одягів. У роботі досліджені причини, що приводять до утворення вибоїн на нежорстких покриттях автомобільних доріг. Виконано аналіз світового досвіду розробки матеріалів і технологій для ямкового ремонту дорожніх покриттів. Розглянуті способи ямкового ремонту в несприятливих погодних умовах дорожньо-будівельними матеріалами, які розроблені на кафедрі «Автомобільні дороги і аеродроми» Донбаської національної академії будівництва і архітектури, основними компонентами яких є матеріали, що виробляються підприємствами Донецької області.

**асфальтобетон, дьогтебетон, відсів подрібнення відвального мартенівського шлаку, асфальтополімерсіркобетон, властивості будівельних матеріалів, дефекти доріг**

### **АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

Питанням сучасних дорожньо-будівельних матеріалів для будівництва і поточного ремонту автомобільних доріг присвячені наукові праці [1–10], в яких розкриті особливості технології ремонту доріг при несприятливих погодних умовах.

### **ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Витрати, що пов'язані з поточним ремонтом асфальтобетонних доріг (ліквідація вибоїн, напливів, тріщин, відновлення шорсткості покриття) становлять 60 % від вартості будівництва автомобільних доріг.

Дорожньоексплуатаційні організації щорічно виконують значний обсяг робіт з поточного ремонту покриттів автомобільних доріг, основним видом яких є ліквідація ямковості. Несвоєчасність виконання поточного ремонту викликає надалі істотне збільшення обсягу ремонтних робіт і знижує безпеку руху. У зв'язку з цим виникає задача усунення даних дефектів в осінньо-зимовий-весняний період. Однак проведення ремонтних робіт у цей час уповільнено несприятливими погодними факторами.

Дорожні покриття в процесі експлуатації піддаються багаторазовим статичним і динамічним впливам транспортних навантажень, що викликають нормальні і дотичні напруження, піддаються діям вологи, температури, кисню повітря, сонячній радіації, агресивним впливам пально-мастильних матеріалів і розчинів протижелезних матеріалів.

Під цим впливом на асфальтобетонних і дьогтебетонних покриттях виникають дефекти, які знижують терміни служби покриттів і приводять до дорожньо-транспортних випадків [1].

Розрізняють наступні деформації дорожнього одягу: пружні, що з'являються миттєво і зникають після усунення навантажень; упругов'язкі, які згодом під дією навантажень зростають, а після зняття їх поступово зменшуються та навіть зникають; пружнопластичні (залишкові), що зберігаються



після зняття зовнішніх навантажень. Деформування відбувається з кінцевою швидкістю, що залежить від в'язкості матеріалів шарів і ґрунту. Оскільки швидкість деформування кінцева, тобто фактор в'язкості проявляється завжди – дорожня конструкція може працювати у в'язкопружній або в'язкопружнопластичній стадії [1].

В'язкопружні властивості найбільш помітно проявляються при низьких негативних температурах, коли пружність всіх шарів особливо велика і деформації практично повністю оборотні. У період весняного та осіннього вологонасичення істотно знижується несуча здатність ґрунту земляного полотна і нижніх шарів основи. Тому, незважаючи на те, що міцність верхніх шарів, що містять органічне в'язуче ще залишається значним, існує ймовірність переходу конструкції в стадію повзучості, тобто утворення колій, проламів і осідань покриття в результаті необоротних зрушень у нижніх шарах і ґрунті. Улітку спостерігається протилежне; несуча здатність нижніх шарів і ґрунту, як правило, значна, однак через вплив високих температур знижується несуча здатність асфальто- і дьогтебетонних покриттів, а, отже, зберігається небезпека переходу конструкції у в'язкопластичну стадію. Ознакою роботи дорожнього одягу в цій стадії в літній період є колійність, хвилі та напливи на поверхні покриття [2–3].

Дефекти дорожнього одягу класифікують за впливом на режими руху автомобілів на три групи:

- загрозливі безпеці руху і потребують його припинення;
- не загрозливі безпеці, але уповільнюють швидкість руху (хвилі, зрушення, дрібні ями);
- не знижують швидкість руху, але ці дефекти перероджуються із часом у дефекти перших двох груп.

При стоянці автомобіля в покритті виникає вертикальна реакція, а при русі – вертикальна і горизонтальна. В обох випадках діють розтягувальні напруження. Горизонтальні зусилля спричиняють у нежорсткому покритті зсувні напруження і супутні їм деформації пластичного характеру, які розвиваються особливо інтенсивно при високих літніх температурах повітря, коли температура асфальтобетону може досягати 60 °C [4].

У нежорстких покриттях під впливом прогинів від великовантажних автомобілів сумарна поверхня зерен мінеральних матеріалів внаслідок стирання, подрібнювання і розколювання збільшується. В'язучого стає недостатньо, воно старіє і покриття стає жорстким. У ньому формуються спочатку волосяні, потім більш широкі тріщини, у які проникає вода, що замерзає взимку і поступово руйнує покриття [1].

Іншими причинами виникнення тріщин можуть бути: утомленість матеріалу, дефекти організації робіт, технології укладання і ущільнення суміші. Через незадовільне сполучення гарячої суміші однієї смуги до раніше покладеної холодної смуги на покриттях з'являються поздовжні тріщини. Косі тріщини продовжують поперечні і поздовжні тріщини при недостатньо міцному покритті. Сітка тріщин виникає на нежорсткому покритті при недостатньо міцній основі [1–5].

Тріщини можна віднести до дефектів третьої групи. Однак із часом їх кількість поступово збільшується там, де раніше утворилися тріщини, через які під покриття проникає волога. Волога, що містить ПАР і агресивні солі, порушує міжшарове зчеплення. Наявність у воді розчинів ПАР в сполученні з навантаженнями від автомобілів може призвести до інтенсивного руйнування покриттів у результаті дії ефекту адсорбційного зниження міцності (ефект П. О. Рібендера) на периферійних ділянках тріщини. Під дією навантажень формується сітка тріщин, кромки тріщин обламуються і вони переростають у вибоїни. Крім того, зростання тріщин спричиняє формування нерівностей покриття, що приводить до збільшення динамічних впливів від автомобілів, що рухаються, і прискорює переростання тріщин у вибоїни. Причинами утворення вибоїн можуть бути недоущільнення матеріалу, застосування неоднорідного або забрудненого домішками матеріалу [2].

У наказі Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України «Про затвердження технічних правил ремонту і утримання вулиць та доріг населених пунктів» розглянуті традиційні матеріали та способи ремонту дорожніх одягів автомобільних доріг в основному в теплий період року [7].

Аналіз світового досвіду поточного ремонту покриттів автомобільних доріг показав, що для цього використовуються: асфальтобетонні суміші поліпшені поверхнево активними добавками; полімербітумні суміші, на основі дивінілстирольних термоеластоеластів; литі асфальтобетонні суміші, у т. ч. з добавкою сірки; асфальтобетони на сіркобітумному в'язучому; еластомерні склади; вологі органо-мінеральні суміші; суміші на основі спінених бітумів; екзотермічні суміші; суміші на бітумних емульсіях; способи зворотного просочення; армування вибоїн з подальшим укладанням ремонтної суміші; сухі і агреговані асфальтобетонні суміші; обробка дна та стінок вологої вибоїни водорозчинними

олігомерами або водяним розчином полімерного компаунду; використання цементу в складі асфальтобетонної суміші при наявності води у ремонтваній карті.

У даній роботі розглянуті способи ямкового ремонту в несприятливих погодних умовах дорожно-будівельними матеріалами, а саме: вологими дьогтешлаковими сумішами, холодними дьогтебетонними та асфальтополімерсіркобетонними сумішами.

Вологий дьогтешлаковий бетон є штучний матеріал, що характеризується коагуляційно-кристалізаційними мікророзв'язками, отриманий у результаті ущільнення покладеної в дорожнє покриття перемішаної до однорідного стану суміші відсіву подрібнення відвальних мартенівських шлаків, кам'яновугільного дорожнього дьогтю, води і лужних хімічних добавок (портландцемент, вапно негашене мелене) [6, 8].

Для виробництва вологих дьогтешлакових сумішей асфальтобетонний завод доукомплектують насосом для подачі води, вапна або цементу. У змішувач необхідно урізати перфоровану трубу (діаметр сопел  $(1,0-1,5) \cdot 10^{-2}$  м) на всю довжину змішувача для подачі води. Технологія виробництва вологих дьогтешлакових сумішей (ВДШС) складається з наступних операцій:

- подача у змішувач відсіву подрібнення відвального мартенівського шлаку (дійсна щільність шлаків –  $3\,250\text{ кг/м}^3$ ; насипна щільність –  $1\,700\text{ кг/м}^3$ ; марка щодо дробильності в сталевому циліндрі – 1 200; морозостійкість більше 50 циклів; вміст мулистих і глинистих часток – 0,98 %; активність – 1 МПа; стійкість проти розпаду – 3,9 %; зерновий склад, що характеризується залишками на ситах з розміром отворів, мм, наступний: 10–2 %; 5–24 %; 2,5–15,0 %; 1,25–18,00 %; 0,63–14,00 %; 0,315–15,000 %; менш 0,14–12,00 %; модуль основності  $M_o = 1,9$ ), температурою  $50-60\text{ }^\circ\text{C}$  і вапно або портландцемент (2 % від маси відсіву подрібнення);
- перемішування мінеральних матеріалів протягом 15 секунд;
- подача в змішувач кам'яновугільного дорожнього дьогтю марок Д-5, Д-6 (ГОСТ 4641-80) у кількості 6–8 % від маси відсіву подрібнення відвальних мартенівських шлаків;
- перемішування дьогтешлакової суміші протягом 40–50 секунд;
- подача у змішувач води до вологості суміші 13–17 % по масі і перемішування вологої дьогтешлакової суміші протягом 30 секунд [9].

Час транспортування ВДШС до місця укладання в покриття до чотирьох годин. Температура навколишнього повітря при ремонтних роботах до  $0\text{ }^\circ\text{C}$ .

Підготовку ремонтваної карти ведуть у наступній послідовності: границі вибоїни оконтурюють прямими лініями, захоплюючи на 3–5 см неушкоджену частину покриття; старий асфальтобетон видаляють, наприклад холодним фрезеруванням; вибоїну очищають і укладають вологу дьогтешлакову суміш із урахуванням коефіцієнта ущільнення 1,2–1,3. Невеликі ізольовані одна від одної вибоїни ущільнюють електро- або пневмотрамбовувачами, ручними віброкатками. Ущільнення проводять від країв до середини. Рух по відремонтованій ділянці відкривають після закінчення ущільнення (коефіцієнт ущільнення  $K_y = 0,99$ ).

При співвідношенні у ВДШС компонентів шлак – 100 м. ч., дьоготь – 6–8 м. ч., вода 13–17 м. ч., вапно (цемент) 1,5–2,5 м. ч. у бетоні формується структура, що представлена двома взаємопроникненими безперервними мікроструктурами: коагуляційною (контакти між частками шлаків здійснюються через адсорбційно-сольватні прошарки органічного в'язучого) і конденсаційно-кристалізаційною (контакти прямого зрощення кристалів гідратованих мінеральних шлаків). Коагуляційна мікроструктура забезпечує релаксацію внутрішніх напружень, що виникають при механічних навантаженнях і низькотемпературних впливах, а конденсаційно-кристалізаційна обумовлює міцність дорожнього покриття у зоні високих позитивних температур.

Дьогтешлакобетони характеризуються наступними показниками: межа міцності при стиску, МПа, при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  2,9–7,0; при  $50\text{ }^\circ\text{C}$  2,6–4,5; при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  4,2–12,0; водонасичення, % від об'єму 6,0–18,7; набрякання, % від об'єму 0–0,22; коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні (90 діб водонасичення)  $K_{\text{вд}} = 0,63-0,68$ ; коефіцієнт морозостійкості (після 20 циклів заморожування-відтавання) 0,78–0,80; коефіцієнт теплового старіння після 1 200 годин прогріву в кліматичній камері ШП-1 при  $60\text{ }^\circ\text{C}$   $K_{\text{ст}} = 1,8$ . Енергоємність виробництва ВДШС у порівнянні з дьогтебетонними сумішами в 2–4 рази нижче. Санітарно-хімічні дослідження ВДШС показали, що рівень виділення шкідливих речовин у процесі їхнього виробництва в декілька разів нижче, ніж для асфальтобетонних і дьогтебетонних сумішей. В умовах експлуатації покриттів із ВДШС рівень виділення бензолу і ксилолу в 2 рази нижче, ніж з асфальтобетонних.

Холодний дьогтебетон готують із кондиційних мінеральних матеріалів, рідкого кам'яновугільного дьогтю марок Д-2, Д-3 (ГОСТ 4641-80) у кількості 7 % від маси мінеральних матеріалів і поліізоціонату 4–6 % від маси дьогтю) перемішуванням у змішувачі при температурі  $40-60\text{ }^\circ\text{C}$ , суміш

укладають в очищену вибоїну і ущільнюють. Поліізоціонат реагує з гідроксильними групами феноловмісних дьогтю і кубових залишків дистиляції фталевого ангідриду, що приводить до полімеризації кам'яновугільного в'язучого, що забезпечує необхідний комплекс властивостей бетону у відремонтованому покритті – межа міцності при стиску, МПа, при 0, 20 і 50 °С – 6,3; 4,0; 2,2 відповідно. Холодний дьогтебетон характеризується коефіцієнтом тривалої водостійкості  $K_{\text{вд}} = 0,85$  і морозостійкості (25 циклів) 0,81. Рух по відремонтованій ділянці відкривають через чотири години після ущільнення холодної суміші.

Асфальтополімерсіркобетон для будівництва довговічних дорожніх покриттів являє собою композиційний дорожньо-будівельний матеріал, який отримано ущільненням перемішаної до однорідного стану при оптимальній температурі суміші бітумополімерсіркового в'язучого, щебеню, штучного піску і активованого термоеластопластом мінерального порошку [11].

Асфальтополімерсіркобетон характеризується наступними показниками якості: межа міцності при стиску, МПа, при 0 °С  $R_0 = 8-10$ ; при 20 °С  $R_{20} = 5,0-6,5$ ; при 75 °С  $R_{75} = 1,2-1,4$ ; набрякання, % від об'єму – 0; водонасичення, % від об'єму – 1,5–2,0; межа міцності на вигин при 0 °С – 3,48 МПа.

Асфальтополімерсіркобетони відрізняються широким інтервалом в'язкопружного поведіння в покритті дорожнього одягу (температура механічного склування мінус 32,5 °С, а температура переходу у в'язкотекучий стан 75 °С), підвищеним опором зсуву і динамічним модулем пружності в області позитивних температур. Вони характеризуються меншим показником температурної чутливості ( $K_T = 0,011$ ) у порівнянні з гарячим асфальтобетоном ( $K_T = 0,025$ ). Вони значно стійкіші до старіння і водостійкі, ніж традиційні гарячі асфальтобетони [6, 8].

## ВИСНОВОК

Розглянуті способи ямкового ремонту в несприятливих погодних умовах дорожньо-будівельними матеріалами, основними компонентами яких є матеріали, що виробляються у Донецькій області.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Єфремова, Л. Г. Будівництво і ремонт асфальтобетонних покриттів [Текст] / Л. Г. Єфремова, С. В. Суханов. – М. : Вища школа, 1991. – 176 с.
2. Леонович, І. І. Експлуатація автомобільних доріг і організація дорожнього руху [Текст] / Під ред. І. І. Леоновича. – М. : Виш. шк., 1988. – 348 с.
3. Леушин, А. И. Дёгтевый бетон [Текст] / А. И. Леушин // Применение каменноугольных дёгтей в дорожном строительстве / Под ред. А. К. Бируля. – М. : Гушосдор, 1939. – С. 159–175.
4. Испытания дорожно-строительных материалов [Текст] : лаб. практикум : [учеб. пособие для студентов строит. специальностей вузов / В. А. Золотарев, В. И. Братчун, А. В. Космин и др.] ; под ред. : В. А. Золотарева, А. В. Космина ; Харьк. нац. автомобил.-дорож. ун-т. – Х. : ХНАДУ, 2012. – 368 с. : ил. – Авт. указаны на обороте тит. л. – ISBN 978-966-303-363-1.
5. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / В. І. Братчун, В. О. Золотарьов, М. К. Пактер, В. Л. Беспалов ; під редакцією д. т. н., професора В. І. Братчуна. – Макіївка-Харків : ДонНАБА, 2011. – 336 с.
6. Братчун, В. И. Модифицированные деги и дегтебетоны повышенной долговечности [Текст] / В. И. Братчун, В. А. Золотарев. – Макеевка : ДонГАСА, 1998. – 226 с.
7. Братчун, В. И. Дегтебетоны с комплексно-модифицированной микроструктурой [Текст] / В. И. Братчун, В. Н. Ходун, А. Г. Доля // Автошляховик України. – 1997. – № 4. – С. 27–29.
8. Братчун, В. И. Дорожный дёгтеполимербетон [Текст] / В. И. Братчун, В. А. Золотарёв, А. Н. Бачурин. – К. : Вища шк., 1987. – 107 с.
9. Братчун, В. И. Определение времени эффективной работы дегтебетонного дорожного покрытия [Текст] / В. И. Братчун, Д. В. Гуляк, В. Л. Беспалов // Ресурсо-економічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2005. – Вип. 13. – С. 7–11.
10. Нагорна, Н. П. Конструкційні будівельні матеріали підвищеної довговічності з використанням відсіву подрібнення відвального мартенівського шлаку [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби / Н. П. Нагорна. – Макіївка, 2005. – 19 с.
11. Братчун, В. И. Модифицированные асфальтобетоны повышенной сдвигоустойчивости и долговечности [Текст] / В. И. Братчун, Эль-Хаг Адиль Ибрагим // Автошляховик України. – 1998. – № 2. – С. 81–82.

Отримано 29.05.2013

Н. П. НАГОРНАЯ <sup>a</sup>, Н. А. СТОЛЯРОВА <sup>b</sup>, Д. В. ГУЛЯК <sup>c</sup>, В. П. ДЕМЕШКИН <sup>c</sup>  
СОВРЕМЕННЫЕ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

<sup>a</sup> Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, <sup>b</sup> Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ Донецкого национального технического университета, <sup>c</sup> Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

В процессе исследования использованы специальные методы исследования: сканирующая электронная микроскопия, термогравиметрия, резонансно-акустический метод, ИК-спектроскопия. Предложены способы ямочного ремонта в неблагоприятных погодных условиях современными дорожно-строительными материалами; приведены технологии производства и укладки смесей при текущем ремонте и строительстве асфальто- и дегтебетонных покрытий нежестких дорожных одежд. В работе исследованы причины, приводящие к образованию выбоин на нежестких дорожных одеждах. Выполнен анализ мирового опыта разработки материалов и технологий для ямочного ремонта дорожных покрытий. Рассмотрены способы ямочного ремонта в неблагоприятных погодных условиях дорожно-строительными материалами, которые разработаны на кафедре «Автомобильные дороги и аэродромы» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, основными компонентами которых являются материалы, производимые предприятиями Донецкой области. **асфальтобетон, дегтебетон, отсев дробления отвального мартеновского шлака, асфальтополимерсеробетон, свойства строительных материалов, дефекты дорог**

NINA NAGORNAY <sup>a</sup>, NATALIA STOLYAROVA <sup>b</sup>, DENIS GULYAK <sup>c</sup>,  
VALENTIN DEMESHKIN <sup>c</sup>

MODERN ROAD BUILDING MATERIALS FOR THE CONSTRUCTION AND  
MAINTENANCE OF ROADS

<sup>a</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, <sup>b</sup> Automobile-Transport and Highway Engineering Institute of Donetsk National Technical University, <sup>c</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The study used special methods: scanning electron microscopy, thermogravimetry, resonantly – acoustic method, IR – spectrography. The methods of patching by state of the industry building materials in adverse weather conditions have been suggested the production technology and styling blends with the current repair and construction of asphalt – and tarmacadam coatings of nonrigid pavements have been given. The paper has examined the causes of leading to the formation of potholes on the roads of non-rigid surfaces. The analysis of global experience in the development of materials and technologies for patching pavements has been made. The methods of patching by road – building materials in adverse weather conditions, which have been designed at the Highways and Airports Department of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, the main components of which are materials produced by enterprises of Donetsk region, have been considered.

**asphaltconcrete, tarconcrete, gravel crushing open-hearth slag dump, asphalt-sulfur polymerconcrete, properties of building materials, deformation of roads**

**Нагорна Ніна Павлівна** – доцент кафедри товарознавства та експертизи непродовольчих товарів ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського. Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини у компоненти композиційних матеріалів.

**Столярова Наталія Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології і безпеки життєдіяльності Автомобільно-дорожного інституту Донецького національного технічного університету. Наукові інтереси: модифіковані литі асфальтобетонні суміші для улаштування і ремонту нежорстких покриттів автомобільних доріг.

**Гуляк Денис В'ячеславович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: здобуття технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

**Демешкін Валентин Павлович** – старший викладач кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: надійність і довговічність автомобільних доріг.

**Нагорная Нина Павловна** – доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров ДонНУЭТ им. М. Туган-Барановского. Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

**Столярова Наталья Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и жизнедеятельности Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета. Научные интересы: модифицированные литые асфальтобетонные смеси для устройства и ремонта нежестких покрытий автомобильных дорог.

**Гуляк Денис Вячеславович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Демешкин Валентин Павлович** – старший преподаватель кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: надежность и долговечность автомобильных дорог

**Nagorna Nina** – Assistant Professor, Commodity and Examination of Non-food Goods Department, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Scientific interests: development of effective technologies of processing of technogenic raw material in komponenty of composition materials.

**Stolyarova Natalia** – PhD (Eng.), Associate Professor, Ecology and Life Safety Department, Automobile Road Institute of the Donetsk National Technical University. Scientific interests: modified cast asphalt concreat of mixture for a device and repair of non-rigid coverages of highways.

**Gulyak Denis** – PhD (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid travelling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

**Demehckin Valentin** – Senior teacher, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the reliability and durability of roads.

## ЗМІСТ

ТОНКАЧЕЄВ Г. М. Система функціональних модулів будівельної оснастки	3
ІХНО Г. В., МОСКАЛЕНКО В. І. Натурне обстеження скловарної печі заводу ВАТ «Строй-стекло-трейдинг» у м. Костянтинівка після 4-ох років експлуатації	8
КАЛМИКОВА О. П. Дослідження впливу протиморозних домішок на фізико-механічні властивості бетону	15
ІЛЬЧЕВ А. Ф., ТАРАН В. В., БЕРШАДСЬКА Д. Є. Методика оцінки варіантів технології виробництва будівельно-монтажних робіт	19
КАПУСТИНА К. П. Організаційні параметри реконструкції інженерних споруд в умовах діючого промислового підприємства	25
ШЕВЦОВА Н. М., ХОХРЯКОВА Д. О., ПАСТЕРНАК О. О. Нормування підсилення прогонових конструкцій транспортних галерей шляхом заміни елементів ґрат ферм	29
ТАРАН В. В., ЯНКОВ О. В. Особливості застосування композитної арматури при зведенні будівельних конструкцій будинків та споруд	35
СВИЩ І. С., НОСАТОВА Є. В. Визначення впливу режимів тепловологісного оброблення на міцність, щільність і естетичні показники виробів зі шлаколужного бетону, відформованого за технологією вібропресування	41
ЛЕВЧЕНКО В. М., ЛЕВЧЕНКО Д. В., КИРИЧЕНКО В. Ф., БРИЖАТИЙ Е. П., ІВАНОВ О. Ю. Економічні основи визначення ефективності будівельних конструкцій з різних матеріалів	48
БОНДАРЕВ О. Б. Оцінка монтажних впливів у одноповерхній стержньовій металевій оболонці покриття циліндричної форми	54
ГОЛЯДИНЕЦЬ А. С. Часткові питання технологічності фундаментів під колони каркасних будівель	60
НОВИЦЬКИЙ О. П., ПАВЛОВ О. П., ТЕЛІЧЕНКО О. І., ШУШКЕВИЧ В. І. Ґрунтобетони з використанням місцевої сировини й відходів виробництва	65
ПЕНЧУК В. О., ДАЦЕНКО В. М. Дослідження впливу підпресовки твердих побутових відходів на час сортування	73
КЛЬОН А. М. Визначення раціонального положення лебідки механізму підйому розвідного моста	78
ПЕНЧУК В. О., ДІДЕНКО А. В., ГОЛОЛОБОВ Б. Д. Логістичне завдання перебазування важкої будівельної техніки в міських умовах	82
ГАВРЮКОВ О. В., КОНОНИХІН Г. А., ТРЕТ'ЯК А. В., ГОЛОЛОБОВ Б. Д. Розробка математичної моделі оптимізації ковша однокішшевого навантажувача	86
ЛОБОВ М. І., МОРОЗОВА Т. В. Програма геодезичного моніторингу будівництва будівель підвищеної поверховості в м. Донецьку	92
ЧАЙКА В. О., ФІЛІМОНОВА О. С. Формування мікроклімату в жилих квартирах панельних будівель при зовнішньому утепленні фасаду	98
ЧИРВА О. С. Організаційні основи геодезичного забезпечення будівництва висотних будівель і споруд	105
МАРТИНОВА В. Б. Рівень теплозахисту зовнішніх стін житлового будинку, виконаних кладкою з газополістиролбетонних блоків	110
СТІФЕЄВ Ф. Ф. Визначення теоретичної витратної характеристики ерліфта під час проведення днопоглиблювальних будівельних робіт	117
НАГОРНА Н. П., СТОЛЯРОВА Н. О., ГУЛЯК Д. В., ДЕМЕШКІН В. П. Сучасні дорожньо-будівельні матеріали для будівництва і поточного ремонту автомобільних доріг	124

## СОДЕРЖАНИЕ

ТОНКАЧЕЕВ Г. Н. Система функциональных модулей строительной оснастки	3
ИХНО А. В., МОСКАЛЕНКО В. И. Натурное обследование стекловаренной печи завода ООО «Стройстекло-трейдинг» в г. Константиновка после 4-х лет эксплуатации	8
КАЛМЫКОВА Е. П. Исследование влияния противоморозных примесей на физико-механические свойства бетона	15
ИЛЬИЧЕВ А. Ф., ТАРАН В. В., БЕРШАДСКАЯ Д. Е. Методика оценки вариантов технологии производства строительно-монтажных работ	19
КАПУСТИНА Е. П. Организационные параметры реконструкции инженерных сооружений в условиях действующего промышленного предприятия	25
ШЕВЦОВА Н. Н., ХОХРЯКОВА Д. А., ПАСТЕРНАК А. А. Нормирование усиления пролетных конструкций транспортерных галерей путем замены элементов решетки ферм	29
ТАРАН В. В., ЯНКОВ А. В. Особенности применения композитной арматуры при возведении строительных конструкций зданий и сооружений	35
СВИЩ И. С., НОСАТОВА Е. В. Определение влияния режимов тепловлажностной обработки на прочность, плотность и эстетические показатели изделий из шлакощелочного бетона, отформованного по технологии вибропрессования	41
ЛЕВЧЕНКО В. Н., ЛЕВЧЕНКО Д. В., КИРИЧЕНКО В. Ф., БРЫЖАТЫЙ Э. П., ИВАНОВ А. Ю. Экономические основы определения эффективности строительных конструкций из различных материалов	48
БОНДАРЕВ А. Б. Оценка монтажных воздействий в однопоясной стержневой металлической оболочке покрытия цилиндрической формы	54
ГОЛЯДИНЕЦ А. С. Частичные вопросы технологичности фундаментов под колоны каркасных зданий	60
НОВИЦКИЙ А. П., ПАВЛОВ А. П., ТЕЛИЧЕНКО А. И., ШУШКЕВИЧ В. И. Грунтобетоны с использованием местного сырья и отходов производства	65
ПЕНЧУК В. А., ДАЦЕНКО В. М. Исследование влияния подпрессовки твердых бытовых отходов на время сортировки	73
КЛЁН А. Н. Определение рационального положения лебедки механизма подъема разводного моста	78
ПЕНЧУК В. А., ДИДЕНКО А. В., ГОЛОЛОБОВ Б. Д. Логистическая задача перебазировки тяжелой строительной техники в городских условиях	82
ГАВРЮКОВ А. В., КОНОНЫХИН Г. А., ТРЕТЬЯК А. В., ГОЛОЛОБОВ Б. Д. Разработка математической модели оптимизации ковша одноковшового погрузчика	86
ЛОБОВ М. И., МОРОЗОВА Т. В. Программа геодезического мониторинга строительства зданий повышенной этажности в г. Донецке	92
ЧАЙКА В. А., ФИЛИМОНОВА О. С. Формирование микроклимата в жилых квартирах панельных зданий при наружном утеплении фасада	98
ЧИРВА А. С. Организационные основы геодезического обеспечения строительства высотных зданий и сооружений	105
МАРТЫНОВА В. Б. Уровень теплозащиты наружных стен жилого дома, выполненных кладкой из газополистиролбетонных блоков	110
СТИФЕЕВ Ф. Ф. Определение теоретической расходной характеристики эрлифта при проведении дноуглубительных строительных работ	117
НАГОРНАЯ Н. П., СТОЛЯРОВА Н. А., ГУЛЯК Д. В., ДЕМЕШКИН В. П. Современные дорожно-строительные материалы для строительства и текущего ремонта автомобильных дорог	124

## CONTENTS

TONKACHEEV GENNADY. The system functional modules tools construction	3
IHNO ANNA, MOSKALENKO VOLODYMYR. Full-scale survey of the glass melting furnace plant LLC «Stroysteklo trading» in Kostiantynivka after 4 years of operation	8
KALMYKOVA OLENA. The influence of impurities on antifreezing physical and mechanical properties of concrete	15
IL'YICHEV ANATOLIY, TARAN VALENTINA, BERSHADSKAYA DAR'YA. Method of evaluation of options for manufacturing construction and installation works	19
KAPUSTINA EKATERINA. Organizational parameters reconstruction of engineering structures of industrial enterprises	25
SHEVTSOVA NATALIA, KHOKHRYAKOVA DARYA, PASTERNAK ALEXANDER. Rationing gain of spans conveyor galleries by replacing the elements of the lattice trusses	29
TARAN VALENTINA, YANKOV ALEX. Features of application of composite reinforcement in construction of building structures	35
SWISH IGOR, NOSATOVA ELENA. Determination of the effect of the warm-humid treatment on strength, density and aesthetic appeal of products from slag-alkaline concrete molded technology vibrocompression	41
LEVCHENKO VICTOR, LEVCHENKO DMITRY, KIRICHENKO VLADIMIR, BRYZHATY EDUARD, IVANOV ALEKSANGR. Economic principles of efficiency evaluating of building structures	48
BONDAREV ALEXEY. Mechanical impact assessment in odnopoyasnoy rod metal shell cover cylindrical shape	54
HOLYADYNETS ANDREW. The partial technological issues of foundations under columns of frame buildings	60
NOVITSKIY ALEXANDER, PAVLOV ALEXEY, TELICHENKO ALEXANDER, SHUSHKEVYCH VIACHESLAV. Soil concrete with using of the local materials and the waste materials of the industrial production	65
PENCHUK VALENTYNE, DATSENKO VITALIY. Investigation of the influence of pre-pressure of solid waste at the sorting	73
KLYON ANDRIJ. Determination of the rational position of the winch of drawbridge lifting mechanism	78
PENCHUK VALENTINE, DIDENKO ANDREY, GOLOLOBOV BORIS. Logistic task relocation of heavy construction equipment in urban environments	82
GAVRYUKOV ALEXANDER, KONONYKHIN GENNADY, TRETJAK ANDREY, GOLOLOBOV BORIS. Development of mathematical model of optimization single bucket truck	86
LOBOV MICHAIL, MOROZOVA TATYANA. Program of the geodesic monitoring of buildings constructions of enhanceable superficiality in Donetsk	92
CHAYKA VICTORY, FILIMONOVA OLGA. Forming the microclimate in the apartments of panel house-building by the warming of the outward facade	98
CHIRVA ALEXANDER. Organizational basis of geodetic support the construction of high-rise buildings	105
MARTYNOVA VITA. Level of heat cover of outward sheens of dwelling-house, executed laying from gaspolystyrolconcrete blocks	110
STIFEEV FEODOR. Determination of theoretical consumption characteristic of air-lift during the bottom dredging construction	117
NAGORNAY NINA, STOLYAROVA NATALIA, GULYAK DENIS, DEMEHCKIN VALENTIN. Modern road building materials for the construction and maintenance of roads	124