

УДК 69.059.7:669.162.213

**А. М. ЮГОВ, В. Д. ШЕВЧЕНКО, А. А. ТИМОШКО**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ КОМПЛЕКСА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА НАДВИЖКИ**

**Аннотация.** Статья посвящена анализу авторского опыта при реконструкции комплекса доменной печи в условиях действующего производства. Приведена схема реальной монтажной площадки с указанием расположения главных элементов. В тексте рассмотрены принципы организации монтажной площадки и управления процессом возведения. Также изложены и подробно разобраны предложенные авторами технологические решения для обеспечения процесса укрупнительной сборки, монтажа и надвигки доменной печи, а именно: использование временных инвентарных эстакад для доставки блоков конструкций от места укрупнения до монтажной площадки; конструкция, место расположения и принцип работы временного стенда для укрупнения доменной печи, а также перечень и назначение монтажных механизмов. Кроме того, в статье затронуты вопросы реконструкции вспомогательных сооружений, например, пылеуловителя. Изложен непосредственно процесс надвигки печи в проектное положение и сделаны выводы о целесообразности применения избранных технологических решений.

**Ключевые слова:** доменная печь, технология надвигки, блочный монтаж, укрупнительная сборка, укрупнительный стенд, временная эстакада, стесненные условия.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Реконструкция зданий и сооружений на предприятиях в условиях действующего производства, безусловно, является актуальной проблемой. В условиях современных экономических реалий остановка практически любого производства даже на незначительный по времени период реконструкции может обернуться для владельцев предприятия большими убытками, вследствие чего единственным адекватным способом ремонта и замены конструкций зданий и сооружений является реконструкция без остановки основного технологического процесса предприятия. Данный метод реконструкции несет в себе определенные сложности, такие как: стесненные условия монтажной площадки; отсутствие прямого доступа к тем или иным частям сооружения; невозможность доставки конструкций на монтажную площадку традиционными путями и т. д. Поэтому инженерам, зачастую необходимо разрабатывать нестандартные пути решения вышеуказанных проблем, чтобы добиться необходимого уровня качества, безопасности и скорости проведения реконструкции.

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

В настоящее время существует большое количество разнообразных пособий и руководств, посвященных технологии и организации строительного производства при реконструкции промышленных предприятий, как более новые, к примеру [1], так и более старые, такие как [2, 3, 4]. Кроме того, в разных странах существует ряд специальных нормативных документов, регламентирующих проведение реконструкции зданий и сооружений. Так, в Украине существует документ [5], а в России был разработан документ [6]. Кроме того, процесс реконструкции и выполняемые работы не должны противоречить положениям общестроительных нормативных документов, таких как [7]. Важным вопросом также является обеспечение безопасности при проведении работ по реконструкции. Требования безопасности также указаны в нормативных документах различных стран, к примеру

[8] – для Украины и [9] – для России. Однако, как уже было отмечено ранее, в определенных, довольно часто встречающихся при реконструкции, случаях необходимо прибегать к нестандартным технологическим решениям, которые не описаны в пособиях, рекомендациях и нормативных документах, для обеспечения более рациональной организации работ с достаточной степенью их безопасности.

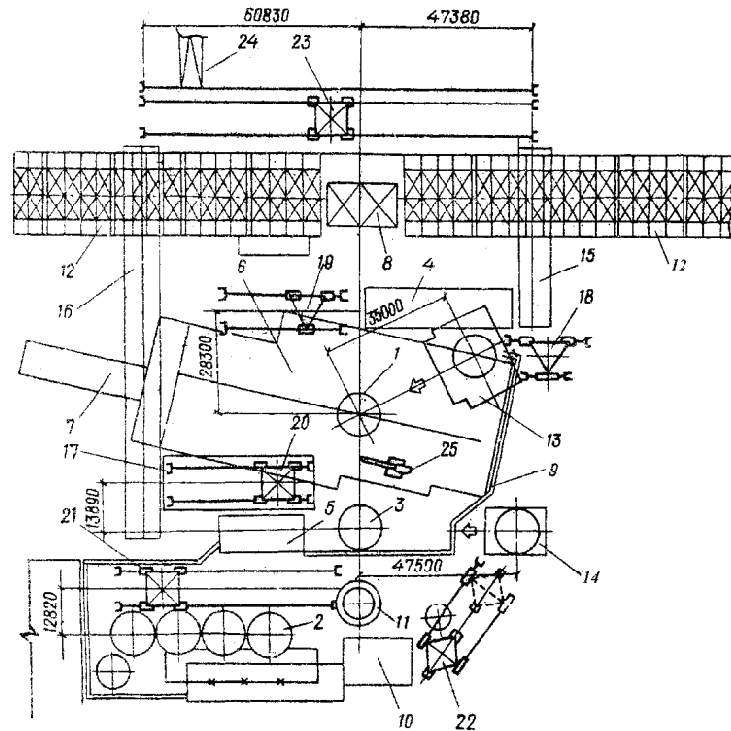
## ЦЕЛИ

Целью статьи является анализ предложенных авторами технологических и организационных решений при реконструкции доменной печи № 4 завода «Азовсталь» в условиях действующего цеха.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На заводе «Азовсталь» в г. Мариуполь была осуществлена реконструкция комплекса доменной печи № 4, в результате которой объем печи увеличился до 1 800 м<sup>3</sup>.

Выполнение строительно-монтажных работ в стесненных условиях действующего доменного цеха с непрерывным технологическим процессом предопределило основные решения по организации монтажной площадки – размещение монтажных механизмов, площадок для складирования и укрупнительной сборки строительных конструкций, устройство временных и постоянных железнодорожных путей для подачи строительных конструкций, а также места установки временных стенов для сборки доменной печи и пылеуловителя (рис. 1).



**Рисунок 1** – Схема монтажной площадки доменной печи № 4: 1 – доменная печь; 2 – воздухонагреватели; 3 – пылеуловитель; 4 – мазгал; 5 – КНП; 6 – литейный двор; 7 – вытяжная станция литейного двора; 8 – скиповая яма; 9 – кабельная галерея; 10 – здание ЦВС и фильтронасосной; 11 – скруббер; 12 – бункерная эстакада; 13 – стенд для сборки доменной печи; 14 – стенд для сборки пылеуловителя; 15 – передаточная эстакада № 1; 16 – передаточная эстакада № 2; 17 – эстакада под кран; 18 – кран БК-1000 №1; 19 – кран БК-1000 № 2; 20 – кран БК-1000; 21 – кран БК-900; 22 – кран БК-300; 23 – кран БК-406М; 24 – козловой кран УКП-50-50; 25 – гусеничный кран СКГ-40.

Доменная печь № 4 расположена в средней части доменного цеха между действующими шлако- и чугуновозными путями, ограниченными с одной стороны бункерной эстакадой, а с другой – блоком воздухонагревателей.

С целью обеспечения бесперебойной работы доменного цеха при одновременном производстве строительно-монтажных работ впервые в отечественной практике реконструкции доменных печей был разработан и внедрен крупноблочный монтаж конструкций с применением временных инвентарных эстакад для подачи укрупненных блоков с расположенного на рудном дворе центрального склада конструкций в монтажную зону. Такой метод позволил вести работы без нарушения технологического процесса работы доменного цеха.

Одной из сложных технических задач подготовительного периода, связанных с надвигкой полностью зафутерованной доменной печи, являлся правильный выбор места сборки печи и устройство временного сборочного стенда. Согласно проекту производства работ (далее – ППР), место сборки доменной печи было определено на расстоянии 35 м от ее проектного положения под углом  $25^\circ$  к продольной оси цеха между существующими воздухонагревателями печи № 4 и действующими шлаковозными путями (рис. 1, поз. 13).

Место сборки блока пылеуловителя, лифта и маршевой лестницы располагалось на расстоянии 47,5 м от проектного положения пылеуловителя на оси существующего пути №6, временно перекрытого со стороны доменной печи № 3 (рис. 1, поз. 14).

В соответствии с ППР для реконструкции объектов комплекса печи были установлены пять башенных кранов (рис. 1):

- 1) БК-1000 № 1 – для монтажа непосредственно доменной печи с колошниковым устройством, основной части поддоменника, литейного двора № 2, здания колошникового подъемника и переходных мостов;
- 2) БК-1000 №2 – для монтажа литейного двора № 1 и поддоменника, наклонного моста, сливной ямы, подъемника коксовой мелочи;
- 3) БК-1000 – для монтажа нисходящего газопровода, литейного двора № 1, здания КНП, переходных мостов;
- 4) БК-900 – для монтажа блока воздухонагревателей, установки для взятия печи на тягу, электрокабельной галереи, промпроводок;
- 5) БК-300 – для монтажа блоков пылеуловителя, газоочистки и др.

Управление ходом реконструкции комплекса печи базировалось на применении поузлового метода организации строительства. Весь комплекс был разбит на 16 узлов, для каждого из которых был разработан узловой сетевой график.

Основные работы по укрупнительной сборке конструкций доменной печи, воздухонагревателей и литейного двора производились на специально отведенных на рудном дворе площадках, обслуживаемых кранами УКП-50-50 и БК-406м грузоподъемностью 50 т. На данных площадках выполнялись следующие работы:

- разгрузка и складирование конструкций, прибывших с завода-изготовителя;
- учет и сортировка по технологическим узлам;
- правка отдельных элементов, поврежденных при транспортировке;
- изготовление мелких конструкций и приспособлений для монтажа;
- укрупнительная сборка конструкций и частично складирование.

Укрупненные на рудном дворе блоки конструкций массой до 50 т подавались на монтажную площадку по временным инвентарным эстакадам № 1 и № 2 (рис. 1, поз. 15, 16), сооруженным над действующими промпроводками и железнодорожными путями доменного цеха. По данным эстакадам (длиной соответственно 66 и 232 м с шагом колонн 6...12 м) перемещались площадки-тележки грузоподъемностью 50 т, которые были изготовлены на базе ходовых тележек крана БК-300, приводимых в движение электрическими лебедками, установленными в торцах эстакад.

Эстакада длиной 36 м под башенный кран (рис. 1, поз. 17) в конструктивном отношении представляла собой металлические рамы пролетом 18 м, связанные между собой по верхнему поясу балками-мостомами пролетом 6...12 м.

Положительное влияние на организацию работ по укрупнению конструкций на рудном дворе оказала разработка в составе ППР чертежей КМД по принципу «чертеж – монтажный блок». Всего для объектов центрального узла разработано до 125 таких чертежей. Одновременно с разработкой блока решались вопросы его строповки.

Монтаж конструкций доменной печи на временном стенде производился при помощи гусеничного крана СКГ-40 БС – для сборки конструкций ниже мораторного кольца, и башенного крана БК-1000 № 1 – для конструкций выше мораторного кольца. Укрупнительная сборка кожуха в монтажные блоки массой до 50 т производилась на рудном дворе при помощи козлового крана.

В общем объеме монтажных работ при сооружении доменной печи значительная часть приходится на работы, связанные с монтажом холодильных плит. Холодильные плиты монтировались при помощи специального прижимного приспособления и тельфера одновременно с основными конструкциями доменной печи. Они подавались в печь на тележке, установленной на временные блоки, которые были закреплены на кожухе доменной печи и кольцевом воздуховоде горячего дутья. В кожухе печи был вырезан проем для заезда тележки с холодильником.

В процессе монтажа качество выполняемых работ регулярно контролировалось производственным персоналом, а геометрические размеры и высотные отметки – геодезической службой монтажного управления.

Временный стенд, на котором собиралась доменная печь, представлял собой платформу размером 18×21 м, состоящую из балок высотой 1,8 м, связанных между собой вспомогательными блоками, настилом и залитую бетоном. Платформа опиралась на накаточное устройство, состоящее из нижних неподвижных слябов толщиной 150 мм и стали ст5, роликов диаметром 150 мм, длиной 1 400 мм и верхних неподвижных слябов толщиной 120 мм из стали 10 Г2С1.

Роликовый накаточный путь представлял собой звенья по 4...8 роликов с шагом 200 мм. Звенья соединялись планками в общую цепь, длина которой была рассчитана так, чтобы при подвижке не требовалась перекладка звеньев.

Для лучшего сцепления с бетоном к нижним плоскостям слябов приварены уголки 100×10 с шагом 500 мм. По обеим сторонам сляба через 1,5...2,0 м были закреплены установочные болты диаметром 30 мм, верхняя горизонтальная плоскость которых тщательно выверялась перед подливкой слябов.

Для ограничения смещения доменной печи при надвижке относительно продольной оси в плане к платформе приварили четыре специальных роликовых упора (рис. 2). Часть стенда, которая примыкала к фундаменту печи, а также пути надвижки, проходящие по фундаменту печи, были устроены после её остановки и разборки.

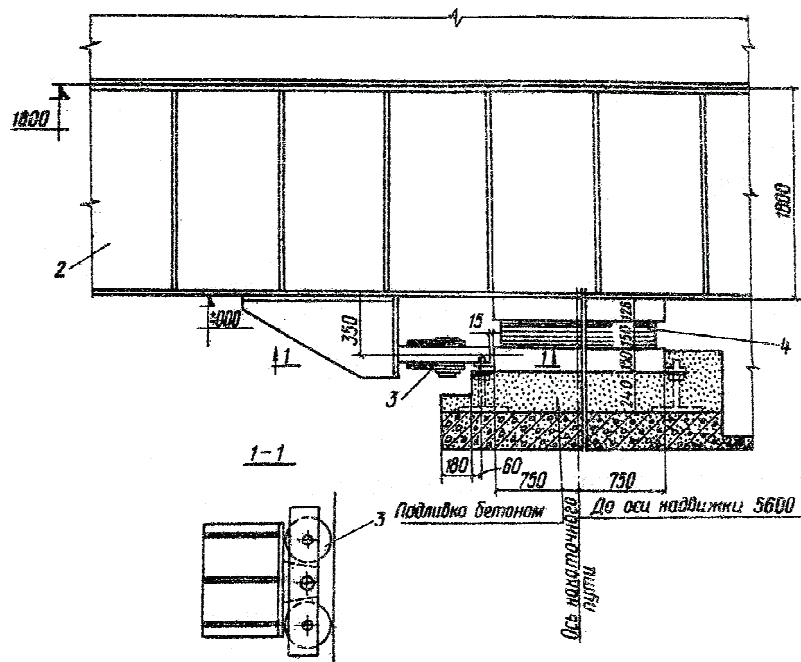
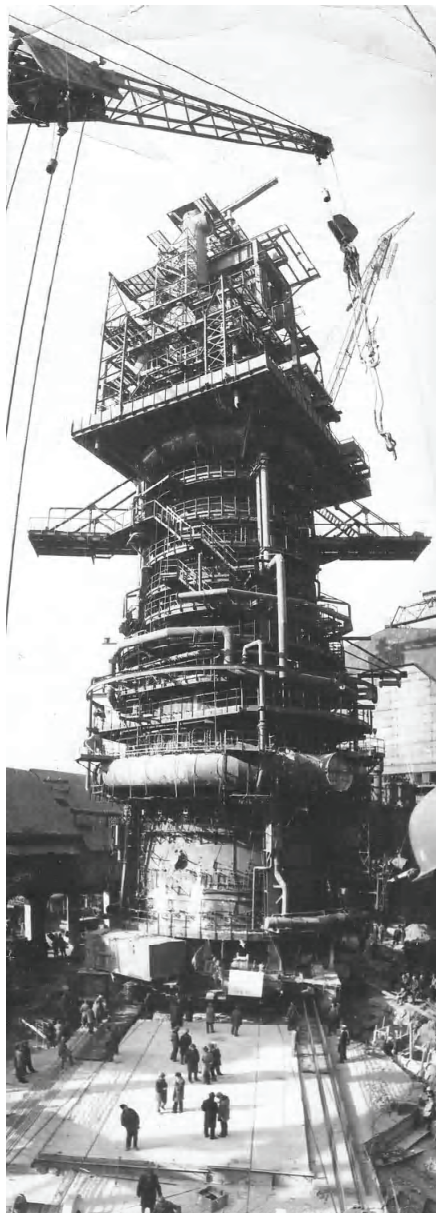


Рисунок 2 – Схема устройства накаточных путей: 1 – кожух доменной печи; 2 – накаточная платформа; 3 – упорные катки; 4 – ролик.

Надвижка печи осуществлялась с помощью 15-ниточных полиспастов суммарным тяговым усилием 260 тс и двух тяговых лебедок усилием 12,5 тс каждая. В начальный момент надвижки усилие лебедок составляло 129 ст, а в процессе надвижки – 98 тс. Усилие в полиспасте контролировалось динамометром, установленным на уравнительной нитке полиспастов. Для преодоления сил инерции при трогании с места позади печи на каждом накаточном пути были установлены два 200 – тонных гидравлических домкрата.

После очистки накаточных путей от строительного мусора при натянутых полиспадах синхронно включались два гидравлических домкрата и доменная печь в составе: кожуха, колошниково-го устройства, холодильных плит, горна и шахты, футеровочных плит купола, защитных сегментов колошника, огнеупорной кладки горна, свечей кольцевого воздухопровода, сантехнического и электротехнического оборудования, другими словами, стопроцентной готовности (рис. 3), была передвинута в проектное положение за 1 час 25 мин. Техническая скорость передвижки при этом составила 0,012 м/с. Период от остановки старой печи до пуска новой – 98 суток. Общая масса надвигаемого блока – 12 500 т.



**Рисунок 3** – Укрупненная на временном стенде доменная печь № 4 перед передвижкой.

Проектное положение печи контролировалось по нанесенным на платформе и фундаменте рискам вдоль поперечной и продольной оси. Одновременно выполнялась проверка положения печи оптическим квантовым генератором АГ-56.

## ВЫВОДЫ

В условиях реконструкции без остановки производства предварительная сборка сооружения из крупных блоков с последующей подвижкой способна обеспечить проведение реконструкции доменной печи в наиболее короткие сроки, сокращая период ее остановки с 9–12 месяцев до 80–100 дней.

Реконструкция доменной печи с использованием эстакадного метода и укрупнением конструкций вне пределов монтажной площадки оказалась наиболее эффективным решением в условиях действующего доменного цеха.

Предварительную сборку инженерного сооружения из крупных блоков с последующей подвижкой можно рекомендовать в качестве типового метода реконструкции такого типа крупных строительных сооружений и технологических агрегатов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жадановский, Б. В. Организация строительного производства в условиях реконструкции зданий и сооружений [Текст] : учеб. пособие / Б. В. Жадановский, М. Ф. Кужин. – М. : изд. «Ассоциации строительных ВУЗов», 2010. – 50 с.
2. Реконструкция зданий и сооружений : учеб. пособие для строит, спец. вузов [Текст] / А. Л. Шагин, Ю. В. Бондаренко, Д. Ф. Гончаренко, В. Б. Гончаров ; под ред. А. Л. Шагина. – М. : Высш. шк., 1991. – 352 с : ил.
3. Руководство по организации строительного производства в условиях реконструкции промышленных предприятий, зданий и сооружений [Текст] / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1982. – 223 с.
4. Разработка проектов организации строительства и проектов производства работ для реконструкции действующих предприятий, зданий и сооружений [Текст] / ЦНИИ организации, механизации и техн. помощи стр-ву. – М. : Стройиздат, 1990. – 68 с. : ил. – (Справ. пособие к СНиП).
5. ДБН В.3.1-1-2002 Ремонт і підсилення несучих та огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд [Текст]. – Надано чинності 2003-07-01. – К. : Держ. комітет України з будівництва і архітектури, 2003. – 52 с.
6. СТО НОСТРОЙ 98-2013 Стандарт организации. Организация строительного производства. Промышленное строительство. Реконструкция зданий и сооружений [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2013-03-15 / ООО «ЦНИОМТП». – М. : Национальное объединение строителей, 2012. – 120 с.
7. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 [Текст] – Введ. 2013-01-01 / Мин-во рег. развит. Российской Федерации. – М. : Минрегион России, 2012. – 170 с.
8. ДНАОП 6.1.00-1.12-01 Государственный нормативный акт по охране труда. Правила безопасности при реконструкции зданий и сооружений промышленных предприятий [Текст]. – Введен впервые ; утв. 2001-04-02. – К. : Мин. труда и соц. политики, 2000. – 51 с.
9. СП 12-136-2002 Свод правил по проектированию и строительству. Безопасность труда в строительстве. Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ [Текст]. – Введ. 2002-09-17. – М. : Госстрой России, 2003. – 10 с.

Получено 08.11.2019

### А. М. ЮГОВ, В. Д. ШЕВЧЕНКО, А. О. ТИМОШКО ДОСВІД РЕКОНСТРУКЦІЇ КОМПЛЕКСУ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ НАСУВАННЯ ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Стаття присвячена аналізу авторського досвіду при реконструкції комплексу доменної печі в умовах діючого виробництва. Наведено схему реального монтажного майданчика із зазначенням розташування головних елементів. У тексті розглянуті принципи організації монтажного майданчика і управління процесом зведення. Також викладені й докладно розібрані запропоновані авторами технологічні рішення щодо забезпечення процесу укрупнювального збирання, монтажу і насування доменної печі, а саме: використання тимчасових інвентарних естакад для доставки блоків конструкцій від місця укрупнення до монтажного майданчика; конструкція, місце розташування і принцип роботи тимчасового стенду для укрупнення доменної печі, а також перелік і призначення монтажних механізмів. Крім того, в статті підняті питання щодо реконструкції допоміжних споруд, наприклад пиловловлювача. На завершення статті викладено безпосередньо процес насування печі в проектне положення і зроблені висновки щодо доцільності застосування обраних технологічних рішень.

**Ключові слова:** доменна піч, технологія насування, блоковий монтаж, укрупнювальне збирання, укрупнювальний стенд, тимчасова естакада, обмежені умови.

ANATOLIY YUGOV, VALERIY SHEVCHENKO, ANDREY TYMOSHKO  
EXPERIENCE IN RECONSTRUCTION OF A BLAST FURNACE COMPLEX USING  
THE PUSH-UP METHOD

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of the author's experience in reconstruction of the blast furnace complex in the functioning manufacture conditions. The scheme of a real construction site with indication the location of main elements has been shown. Principles of organizing of construction site and construction process management have been discussed in the text. Also it has been described and discussed in detail the proposed technological solutions to ensure a process of pre-assembly, assembly and sliding the blast furnace, as follows: using temporary inventory overpasses for the delivery of structural units from the place of enlargement to the construction site; structure, location and working principle of a temporary stand for enlargement of a blast furnace; the list and purpose of used construction cranes are also outlined and detailed in the article. In addition, the article deals with the reconstruction of auxiliary structures, such as a dust collector. The process of moving the furnace to the design position is described directly and conclusions are made about the feasibility of using the selected technological solutions.

**Key words:** blast furnace, sliding technology, block assembly, pre-assembly, enlargement stand, temporary overpass, cramped conditions.

**Югов Анатолий Михайлович** – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия 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.

**Шевченко Валерий Дмитриевич** – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: реконструкция промышленных предприятий, разработка дополнительных технических требований к строительным конструкциям на стадии изготовления.

**Тимошко Андрей Александрович** – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: напряженно-деформированное состояние металлических конструкций каркасов высотных зданий в переходных состояниях.

**Югов Анатолій Михайлович** – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія 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.

**Шевченко Валерій Дмитрович** – старший викладач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: реконструкція промислових підприємств, розробка додаткових технічних вимог до будівельних конструкцій на стадії виготовлення.

**Тимошко Андрій Олександрович** – асистент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: напружено-деформований стан металевих конструкцій каркасів висотних будівель у перехідних станах.

**Yugov Anatoliy** – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: planning, editing, exploitation, technical diagnostics, estimation of the technical state, reconstruction and strengthening of build metallic constructions, technology and organization of works, is at building and reconstruction of buildings and buildings.

**Shevchenko Valeriy** – senior lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reconstruction of industrial enterprises and development of additional technical requirements for structures at the manufacturing stage.

**Tymoshko Andrey** – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: stress-strain state of metal structured frames of high-rise buildings in transition states