



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

№4, ТОМ 15 (2009) 261-280

УДК 69.059.7

(09)-0202-1

РЕКОНСТРУКЦІЯ СПОРУД СКИПОВОЇ ПІДЙІМОЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ГОЛОВНОГО СТВОЛА ДП ВК "КРАСНОЛИМАНСЬКА"

**Є.В. Горохов, В.М. Кущенко, В.М. Василев, В.М. Левін, М.М. Зайченко, В.М. Кликов,
В.М. Губар, Ю.Ю. Калмиков, Ю.І. Салівон**

Донбаська національна академія будівництва і архітектури,

вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.

E-mail: u2kalmikow@rambler.ru

Отримана 20 жовтня 2009; прийнята 26 листопада 2009

Анотація. У статті розглянуто рішення багатофакторної проектної задачі: реконструкції споруджень шахтної підйімальної установки у зв'язку із заміною підйімальної машини. Основними чинниками, що визначають вибір технічних рішень, були: технічний стан споруд (шахтний копер, будівля і фундамент підйімальної машини); одночасна заміна барабана підйімальної машини, ротора і статора двигуна; необхідність виконання реконструктивних робіт з мінімальними зупинками основного виробництва. Облік чинників технічного стану споруджень підйімальної установки вироблявся на основі даних обстеження і натурних випробувань будівельних конструкцій і подальшої нормалізації їх технічного стану. Для обґрунтування можливості використання конструкцій копра для цілей реконструкції, були проведені динамічні випробування шахтного копра, уточнена розрахункова схема споруди і виконаний перевіірочний розрахунок на дію екстремальних аварійних навантажень. Проект реконструкції будівлі підйімальних машин включає: пристрій монтажного отвору, що трансформується, для заміни барабана підйімальної машини; зміна конструктивного вирішення покриття будівлі, зміна конфігурації фундаменту підйімальної машини. В процесі реконструктивних робіт вироблявся інструментальний контроль включення в роботу елементів реконструкції, а так само контроль технічного стану будівельних конструкцій.

Ключові слова: шахтна підйімальна установка; шахтний копер; будівля підйімальних машин; фундамент підйімальної машини; технічний стан; реконструкція.

РЕКОНСТРУКЦИЯ СООРУЖЕНИЙ СКИПОВОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ ГЛАВНОГО СТВОЛА ГП УК "КРАСНОЛИМАНСКАЯ"

**Е.В. Горохов, В.Н. Кущенко, В.Н. Васильев, В.М. Левин, Н.М. Зайченко, В.М. Клыков,
В.Н. Губарь, Ю.Ю. Калмыков, Ю.И. Саливон**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,

ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.

E-mail: u2kalmikow@rambler.ru

Получена 20 октября 2009; принята 26 ноября 2009

Аннотация. В статье рассмотрено решение многофакторной проектной задачи: реконструкции сооружений шахтной подъемной установки в связи с заменой подъемной машины. Основными факторами, определяющими выбор технических решений, являлись: техническое состояние сооружений (шахтный копер, здание и фундамент подъемной машины); одновременная замена барабана подъемной машины, ротора и статора двигателя; необходимость выполнения реконструктивных работ с минимальными остановками основного производства. Учет факторов технического состояния сооружений подъемной установки производился на основе данных обследования и натурных испытаний строительных

конструкций с последующей нормализацией их технического состояния. Для обоснования возможности использования конструкций копра для целей реконструкции, были проведены динамические испытания, уточнена расчётная схема сооружения и выполнен проверочный расчёт на действие экстремальных аварийных нагрузок. Проект реконструкции здания подъёмных машин включает: устройство трансформирующегося монтажного проёма для замены барабана подъёмной машины; изменение конструктивного решения покрытия здания, изменение конфигурации фундамента подъёмной машины. В процессе реконструктивных работ производился инструментальный контроль включения в работу элементов реконструкции, а также контроль технического состояния строительных конструкций.

Ключевые слова: шахтная подъёмная установка; шахтный копёр; здание подъёмных машин; фундамент подъёмной машины; техническое состояние; реконструкция.

RECONSTRUCTION OF THE STRUCTURES OF A SKIP HOISTING PLANT OF THE MAIN OPENING OF THE COAL MINING PUBLIC ENTERPRISE "KRASNOLIMANSKAYA"

Ye. V. Gorokhov, V.N. Kushchenko, V.N. Vasylev, V.M. Levin, N.M. Zaichenko,
V.M. Klykov, V.N. Gubar', Yu.Yu. Kalmykov, Yu.I. Salivon

*Donbas National Academy of Civil Engineering and
Architecture, Derzavin str. 2, 86123, Makeyevka, Ukraine.
E-mail: u2kalmikow@rambler.ru*

Received 20 Oktober 2009; accepted 26 November 2009

Abstract. There is considered a solution of a multi-factor design task: reconstruction of structures of a mine hoisting plant because of the replacement of a hoist engine. The basic factors making for the choice of the engineering solution were operating conditions of the structures (a shaft headgear, the hoist engine building and foundation); a simultaneous replacement of the hoist drum, the engine rotor and stator; a necessity of performing reconstruction with minimum stops of the mainline production. Accounting of the operating conditions of the hoisting plant structures was made on the base of both the survey data and full-scale tests of the building structures and an after-normalization of their technical state. To substantiate a possibility of using the shaft headgear structures for reconstruction purposes, there were fulfilled dynamic tests, the structure design scheme was checked and a revised design of extremal emergency loads was performed. The design of reconstructing the hoist engine building includes an arrangement of the transforming field-assembled aperture for replacement of a hoist drum; a change of a constructive decision as to the building covering, a change of the configuration of the hoist engine foundation. In reconstructing, an instrument inspection of including the reconstruction elements into the work, as well as a control of the technical state of the building structures.

Keywords: shaft hoist engine, shaft headgear, hoist engine building, hoist engine foundation, technical state, reconstruction.

Формулировка проблемы

В настоящее время средний срок службы шахт Донецкого угольного бассейна составляет 40-50 лет, что соответствует их проектному ресурсу. Вследствие этого дальнейшая рентабельность этих предприятий зависит от их реконструкции и технического переоснащения. Таким образом, задачи реконструкции шахтных подъёмных установок, рассматриваемые в данной работе, являются актуальными.

Реконструкция сооружений скиповой подъёмной установки главного ствола ГП УК "Краснолиманская" (см. рисунок 1) производилась в связи с планом развития шахты, в соответствии с которым, возникла необходимость замены подъёмной машины угольного подъёма ШПМ 1x5,5x6,0 на подъёмную машину ШПМ 1x6,3x6,0 с более высокими техническими характеристиками. Увеличение производительности подъёмной установки на 15%

позволяет использовать главный ствол в новых технологических схемах добычи угля и даёт возможность продлить срок службы шахты ещё на 40 лет.

Характеристика объекта

Скиповая подъемная установка главного ствола ГП УК "Краснолиманская" включает следующие сооружения: здание и фундамент подъемной машины; шахтный копёр; надшахтное здание.

Здание подъемных машин прямоугольное в плане с размерами 48x24 м. Конструктивная схема здания рамно-связевая, каркас сборный железобетонный. Здание состоит из двух разновысоких секций. Пролёт рам в осях А-Д-1-6 (реконструируемая часть) составляет 24 м, высота до низа стропильных ферм составляет 16,200 м. Здание оборудовано мостовым краном грузоподъемностью 80 тс. Передвижение крана осуществляется по стальным подкрановым балкам. Общий вид здания приведен на рисунке 1, а. Внутри здания в осях А-Д-1-4 расположен монолитный железобетонный фундамент, на который опирается барабан подъемной машины. Фундамент под подъемную машину железобетонный, слабо армированный. В конструктивном отношении представляет собой

массивную конструкцию, которую можно представить в виде сочетания фундаментной плиты и стен, образующие два отсека — под барабан и под электропривод, а также местных элементов в виде четырех стальных постаментов в отсеке под барабан подъемной машины. Постаменты крепятся четырьмя съёмными фундаментными болтами с анкерной плитой. Габаритные размеры фундамента в уровне его верхнего обреза — 9,03x17,55 м, высота от подошвы до верхнего обреза 6,35 м. Толщина плиты — 2,85 м. Толщина стен поперечных — 2,175 м, продольных в местах крепления постаментов — 1,25 м. Срок службы здания и фундамента — 30 лет.

Шахтный копёр главного ствола введён в эксплуатацию в 1979 г. Копёр по назначению является грузовым и расположен на главном стволе. Шахтный копёр по конструктивной схеме рамный с коробчатыми сечениями основных несущих конструкций. Стальные конструкции копра на отметке +36,600 м опираются на монолитные железобетонные конструкции надшахтного здания, которые включают станок, породный и угольный бункера. Копер двухподъемный, с одной укосиной, расположение направляющих шкивов — в двух ярусах. Отметка центра направляющих шкивов породного подъёма +39,600 м, отметка центра

а)



б)



Рис. 1. Общий вид комплекса сооружений реконструируемой шахтной подъемной установки: а — здание подъемных машин; б — шахтный копёр и надшахтное здание.

направляющих шкивов угольного подъёма +47,800 м. Ветви укосины опираются на отдельно стоящие массивные фундаменты, расположенные на отметке +0,600 м, которые отнесены от оси ствола на расстояние 25,00 м. Общий вид сооружения приведен на рис. 1.

Анализ последних исследований и публикаций

Технико-экономическая эффективность реконструкции угольных предприятий, в значительной мере зависит от капитальных затрат, а также от сроков останова основного производства [1, 2, 3, 4]. Одним из основных критериев выбора схемы реконструкции в условиях действующих предприятий является требование обеспечения безопасности [1, 11, 12, 13]. Важным принципом при разработке проектов реконструкции является учёт действительной работы строительных конструкций [11, 14, 15]. На основании рассмотрения и анализа опыта реконструкций промышленных зданий и сооружений [1, 2, 3, 4], специалистами ДонНАСА была предложена схема реконструкции шахтной подъёмной установки, предусматривающая использование всех существующих зданий и сооружений: шахтного копра; здания подъёмных машин; фундамента подъёмной машины, - без существенной остановки основного производства. Осуществление указанного технического решения требовало учёта следующих четырёх групп факторов:

- объёмно-планировочные решения строительных конструкций шахтной подъёмной установки;
- физический износ и дефекты строительных конструкций: копра, здания и фундамента подъёмной машины, находящихся в эксплуатации более 30 лет;
- учёт действительной работы конструкций шахтного копра и фундамента подъёмной машины при воздействии более интенсивных динамических нагрузок от подъёмной машины;
- технологические особенности принятой схемы замены подъёмной машины, которые требовали увеличения ширины монтажного проёма с 6 м до 14 м, а также работы мостового крана грузоподъёмностью 80 тс, при замене ротора электродвигателя подъёмной машины.

Необходимо отметить, что сочетание указанных четырёх групп факторов для данного объекта определили уникальный характер как проектных работ, так и технологии строительного-монтажных работ при реконструкции шахтной подъёмной установки.

Анализ компоновочной схемы сооружения показал принципиальную возможность использования существующих строительных конструкций: шахтного копра, здания и фундамента подъёмной машины для реконструкции шахтной подъёмной установки. При этом технические характеристики шахтного копра позволяли его использовать практически без изменений. Однако, при этом требовалось расчётно-экспериментальное обоснование возможности использования конструкций копра при увеличении рабочих нагрузок от новой подъёмной машины на 20%. Фундамент подъёмной машины при незначительном изменении геометрии (устройство ниш для реборды барабана с одной стороны) также принципиально можно было применить для новой подъёмной машины, но для этого требовался проверочный расчёт с учётом действительного состояния железобетонных конструкций. Устройство монтажного проёма (для удаления старого барабана подъёмной машины и установки нового) требовало значительного изменения конструктивной схемы здания, а именно частичного удаления двух железобетонных колонн сборного каркаса здания, при обеспечении возможности работы мостового крана грузоподъёмностью 80 тс во время замены ротора двигателя весом 600 кН. Кроме этого требовалась реконструкция покрытия в связи с изменением углов наклона струн подъёмного каната угольного подъёма и необходимостью устройства участка съёмной кровли в зоне монтажного проёма.

Задачи

Для обеспечения реконструкции шахтной подъёмной установки специалистами ДонНАСА решены следующие научно-технические задачи:

- выполнена техническая диагностика зданий и сооружений подъёмной установки главного ствола;
- выполнено экспериментально-расчётное обоснование возможности использования

- конструкций шахтного копра и существующего железобетонного фундамента для более мощной подъёмной машины ШПМ 1х6,3х6,0;
- разработан проект усиления и герметизации монолитного железобетонного надшахтного здания;
 - разработан проект реконструкции здания подъёмных машин, включающий разработку рабочих чертежей: монтажного проёма для замены подъёмной машины; девиаторных надстроек и проёмов для пропуска подъёмных канатов; подканатной защиты и отбойников;
 - разработан проект реконструкции фундамента подъёмной машины;
 - выполнен инструментальный контроль включения в работу подстропильной системы монтажного проёма, а так же её мониторинг во время замены подъёмной машины;
 - выполнен подбор бетонных материалов для местного усиления реконструируемого фундамента подъёмной машины, разработаны технологические карты процессов изготовления и укладки бетонных смесей в конструкции, осуществлён инструментальный контроль качества бетонирования;
 - выполнен авторский надзор за ходом строительно-монтажных работ, обеспечивший высокое качество реконструкции.

Методы решения поставленных задач

При решении задач реконструкции комплекса сооружений шахтной подъёмной установки скипового подъёма ГП УК "Краснолиманская" использовались следующие методы: 1) экспериментальные методы: при определении технического состояния строительных конструкций; при динамических испытаниях шахтного копра; при инструментальном контроле включения в работу подстропильной системы; контроле качества выполнения бетонных работ; 2) методы математического моделирования: при определении экстремальных значений особых нагрузок от разрыва подъёмного каната и проверочном расчёте конструкций шахтного копра, а также при проектировании монтажного проёма, и проверочном расчёте фундамента подъёмной машины.

Основной материал

Структурная схема научно-исследовательских и проектных работ в связи с реконструкцией шахтной подъёмной установки, выполненных в период с 2003 по 2008гг., приведена на рис. 2.

Оценка технического состояния строительных конструкций реконструируемой шахтной подъёмной установки производилась визуальными и инструментальными методами в соответствии с нормативными методиками [5, 6, 7]. В результате обследования было установлено, что строительные конструкции здания подъёмных машин и надшахтного здания претерпели значительный физический износ и требовали нормализации их технического состояния.

По результатам обследования здание подъёмных машин было признано непригодным к нормальной эксплуатации по причине наличия опасных дефектов и повреждений плит сборного железобетонного покрытия, таких как: сквозные поперечные трещины в продольных рёбрах и недостаточные длины площадок опирания. Монолитный железобетонный фундамент подъёмной машины был в удовлетворительном состоянии, однако, в 2000 г. была авария, связанная с разрушением узлов крепления стальных постаментов к фундаменту, после чего конструкции фундамента были усилены сталежелезобетонными элементами. Монолитное железобетонное здание подъёмных машин по причине разуплотнения и местных разрушений бетона не обеспечивало герметизацию шахтного ствола и снижало эффективность проветривания горных выработок. Конструкции шахтного копра в целом были в удовлетворительном состоянии.

Для обеспечения возможности использования объектов основных фондов в реконструируемом сооружении потребовалась нормализация их технического состояния. Для этого были разработаны проекты усиления строительных конструкций, в соответствии с которыми была осуществлена нормализация технического состояния здания подъёмных машин и надшахтного здания. В соответствии с проектными решениями сборное железобетонное покрытие здания было усилено дублирующими стальными элементами, монолитные железобетонные конструкции надшахтного здания были усилены и герметизированы по всей наружной

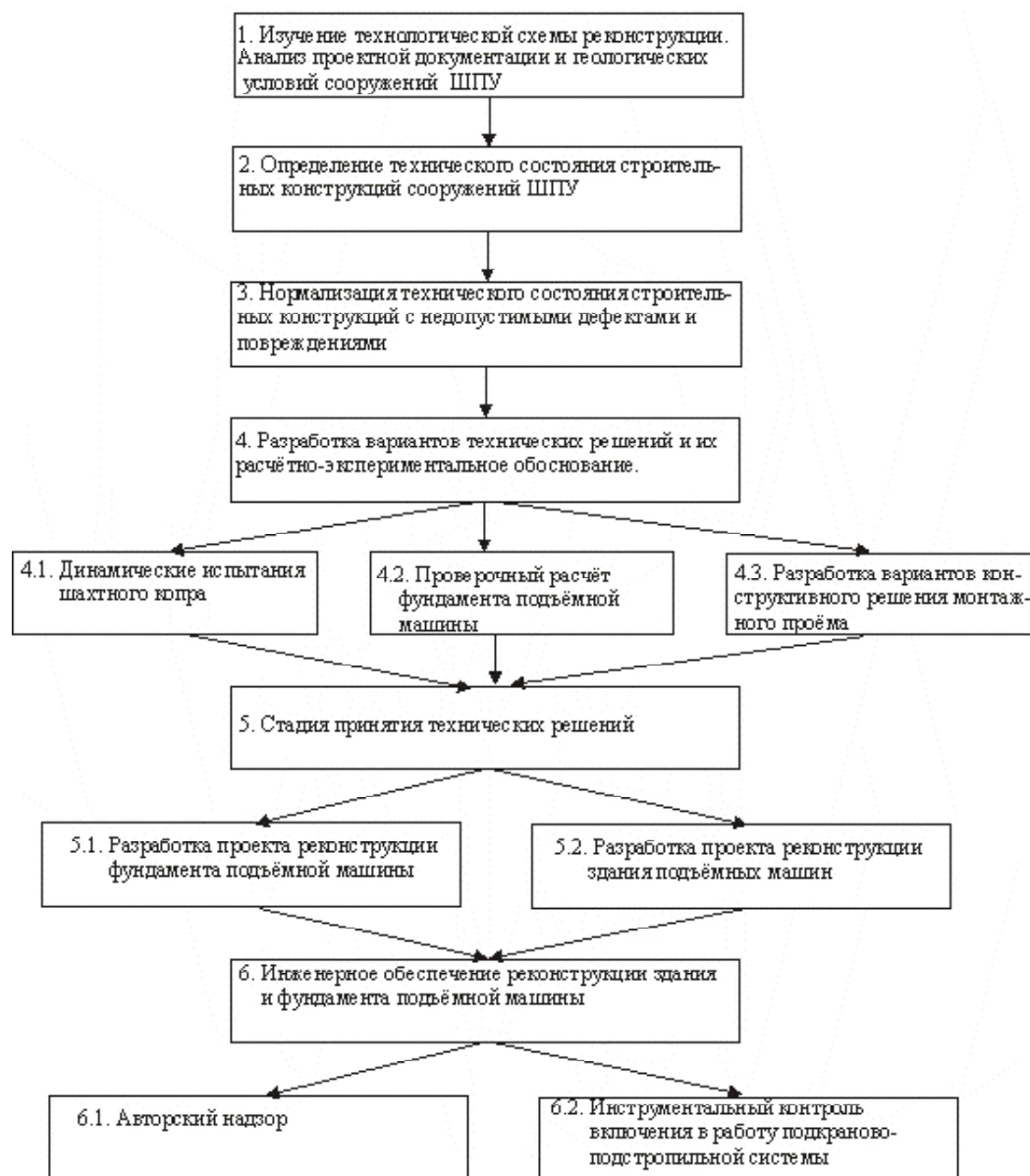


Рис. 2. Структурная схема научно-исследовательских и проектных работ в связи с реконструкцией шахтной подъёмной установки.

поверхности путём торкретирования фибробетоном по стальной арматурной сетке.

Замена подъёмной машины вызвала изменение следующих технических параметров: увеличение максимальной скорости подъёма с 12 м/с до 14 м/сек, а также увеличение нагрузок от рабочего и аварийного натяжения подъёмных канатов на 20%. Изменение (выше указанных) параметров означало увеличение интенсивности динамических нагрузок на кон-

струкции шахтного копра. В связи с этими обстоятельствами были выполнены экспериментальные и численные исследования динамического поведения конструкций шахтного копра при различных режимах работы шахтной подъёмной установки, включая аварийные. Динамические испытания проводились в соответствии с методикой, описанной в работе [8, 11]. В результате динамических испытаний были записаны виброграммы вынужденных

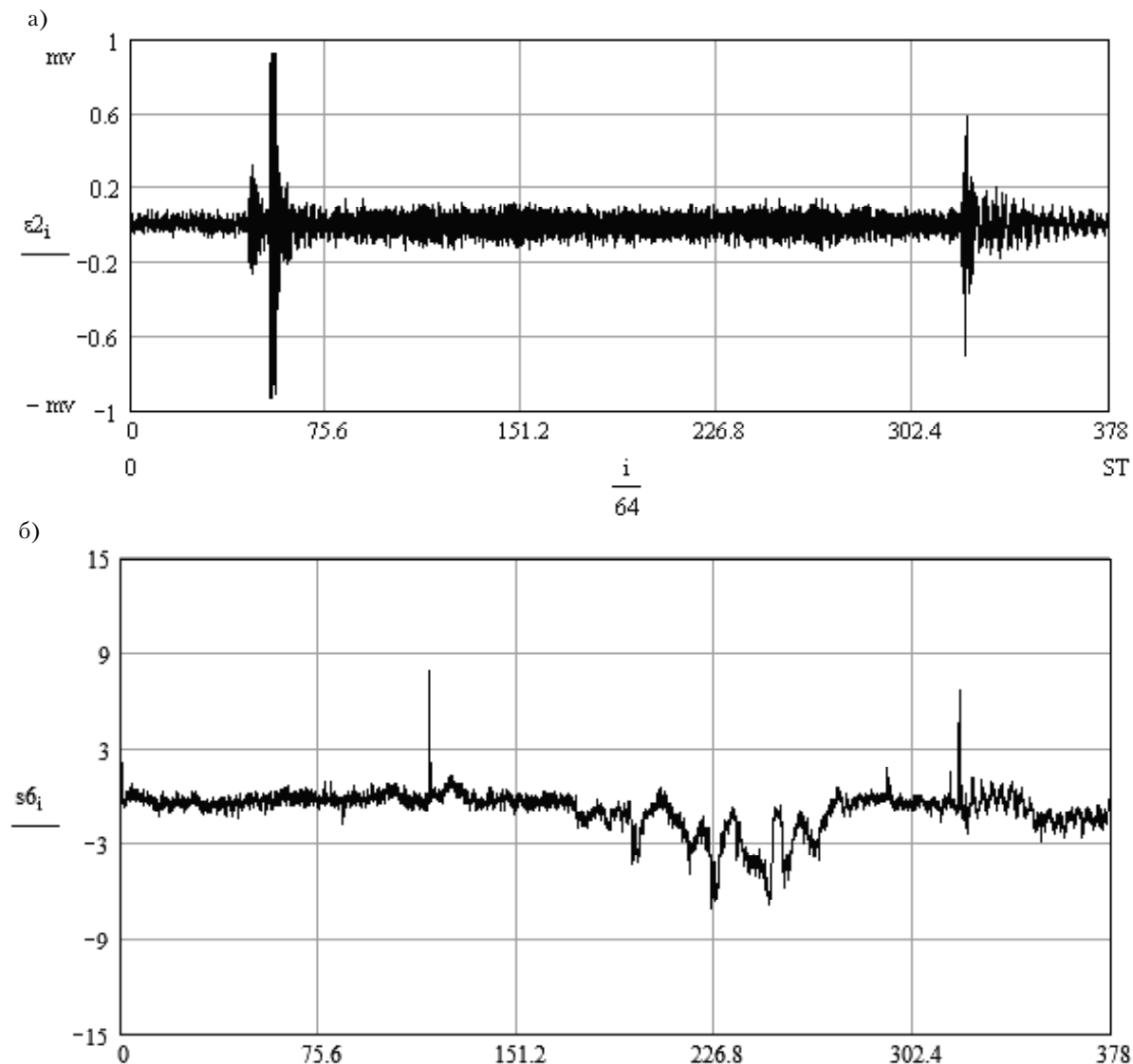


Рис. 3. Характерные результаты динамического испытания шахтного копра (полный цикл работы подъёмной машины): а — виброграмма вынужденных поперечных колебаний (виброскорость в мм/с); б — диаграмма динамических нормальных напряжений (МПа) в ветви укосины (напряжения в МПа).

колебаний сооружения в течение цикла работы шахтной подъёмной установки. Характерная виброграмма приведена на рис. 3,а. В результате спектрального анализа собственных и вынужденных колебаний были установлены собственные и вынужденные частоты колебаний конструкций шахтного копра, определено значение коэффициента поглощения. В результате спектрального анализа диаграмм динамических напряжений (см. рис. 3,б) было проверено условие неограниченности ресурса соору-

жения по усталостной прочности, а также проверено условие отсутствия параметрического резонанса [8, 11].

Полученные экспериментальные данные позволили уточнить расчётную схему сооружения и построить математическую модель динамического поведения механической системы "конструкции шахтного копра — подъёмная машина", которая подробно описана в работе [9,11]. Численный эксперимент, проведенный на математической модели, позволил выявить

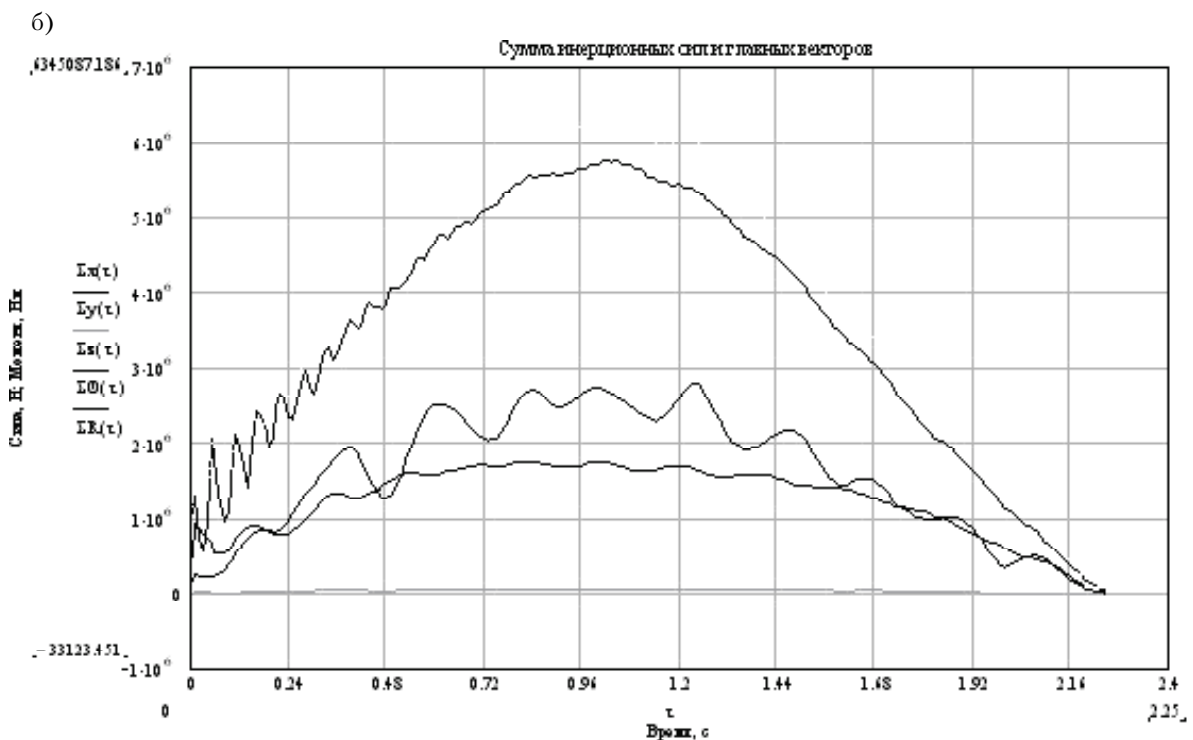
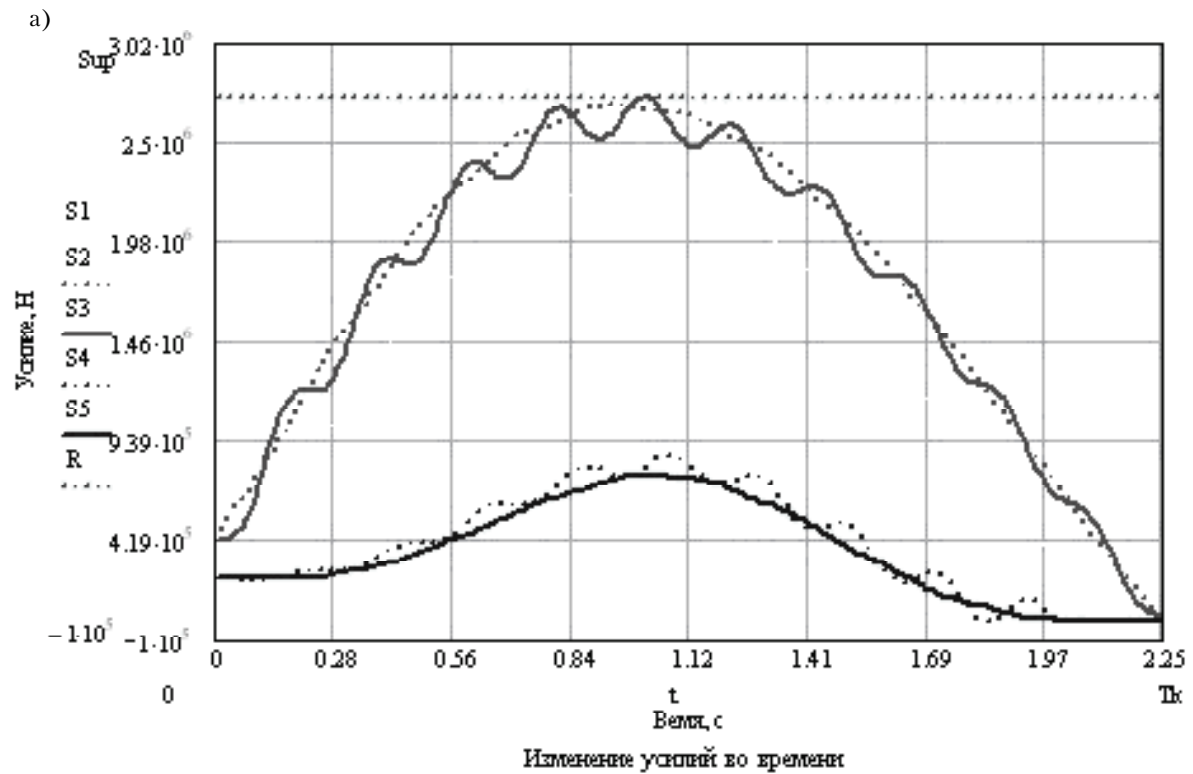


Рис. 4. Результаты математического моделирования динамического поведения механической системы "конструкции шахтного копра — подъёмная машина": а — диаграммы изменения усилий в ветвях и струнах подъёмного каната экстремальной нагрузки от внезапного заземления поднимающегося сосуда; б — диаграмма изменения во времени главного вектора и его составляющих экстремальной аварийной нагрузки.

параметры экстремальной особой нагрузки от внезапного защемления поднимающегося сосуда (см. рис. 4). Проверочный расчёт по уточнённой расчётной схеме на действие экстремальной аварийной нагрузки показал достаточную несущую способность конструкций шахтного копра, что позволило обосновать возможность его использования в схеме реконструкции шахтной подъёмной установки без существенных изменений несущих конструкций.

В соответствии с проектом реконструкции осуществлялись следующие изменения конструкции фундамента подъёмной машины: а) удаление существующего барабана подъёмной машины; б) создание в теле фундамента ниш и выемок, необходимых для размещения нового оборудования, а также анкеров крепления; в) устройство в нишах постаментов барабана подъёмной машины опорных плит (закреплённых анкерными болтами), необходимых для установки барабана в проектное положение; г) конструктивное усиление (методом наращивания сечения) тела фундамента в местах устройства ниш. В рамках разработки технических решений по реконструкции фундамента подъёмной машины, в программном комплексе "Лири-Windows" версия 9.4 была построена конечно-элементная модель фундамента, на которой был выполнен анализ напряжённо-деформированного состояния узла сопряжения стальных постаментов крепления барабана подъёмной машины к монолитным железобетонным конструкциям. Конечно-элементная модель учитывала физическую нелинейность (неупругая работа арматуры, бетона и железобетона, в том числе — с образованием трещин), а также данные обследования конструкций фундамента. Пространственная задача определения напряжённо-деформированного состояния решалась с использованием шагового процесса "Лир-Степ", обеспечивающего решение линеаризованной системы разрешающих уравнений на каждом шаге для текущего приращення вектора узловых нагрузок. Проверочный расчёт конструкций фундамента и анкерных болтов крепления барабана подъёмной машины производился на действие экстремальных аварийных нагрузок от внезапного защемления поднимающегося сосуда на возможность отрыва постаментов от фундамента. Экстремальные

нагрузки были определены путём численного моделирования [10]. В результате численного моделирования напряжённо-деформированного состояния железобетонного фундамента и анкерных фундаментных болтов была установлена возможность использования существующих конструкций фундамента без существенного усиления.

Для работ по монтажу опорных стальных плит барабана подъёмной машины применяли состав EMACO® S33 (MASTERFLOW® 980) — безусадочной быстротвердеющей сухой бетонной смеси наливного типа, предназначенной для высокоточной цементации оборудования с толщиной подливки от 40 до 100 мм (рис. 5). Также были приготовлены тонкозернистые бетонные смеси, модифицированные органо-минеральной добавкой ОММ-2, которая обеспечивает минимальные значения усадки бетона при твердении. Сроки схватывания бетонных смесей при твердении при температуре окружающего воздуха +14 °С составили:

- начало схватывания 3,1 часа; конец схватывания 4,2 часа (состав EMACO® S33);
- начало схватывания 2,5 часа; конец схватывания 3,5 часа (состав тонкозернистого бетона с ОММ-2).

Фактическая кинетика роста прочности бетона различных составов, установленная путём лабораторных испытаний, представлена на рис. 6.

Для восстановления участков фундамента в соответствии со схемой реконструкции, применяли бетонные смеси, приготовленные предприятием "VIP-бетон", г. Красноармейск. В состав бетонных смесей входил органо-минеральный модификатор, представленный золой-уноса Зуевской ГРЭС и суперпластификатором С-3. Применение современных полимербетонных материалов, позволил обеспечить монтаж барабана подъёмной машины ШПМ 1х6,3х6,0 в заданные общей технологической схемой сроки.

Проект реконструкции здания подъёмных машин разрабатывался на основании технологической схемы замены подъёмной машины, разработанной институтом НИИГМ им. М.М. Фёдорова. В соответствии с этой схемой удаление старого барабана и монтаж нового барабана осуществлялся методом надвига по стальным стапелям. При этом барабан подъёмной

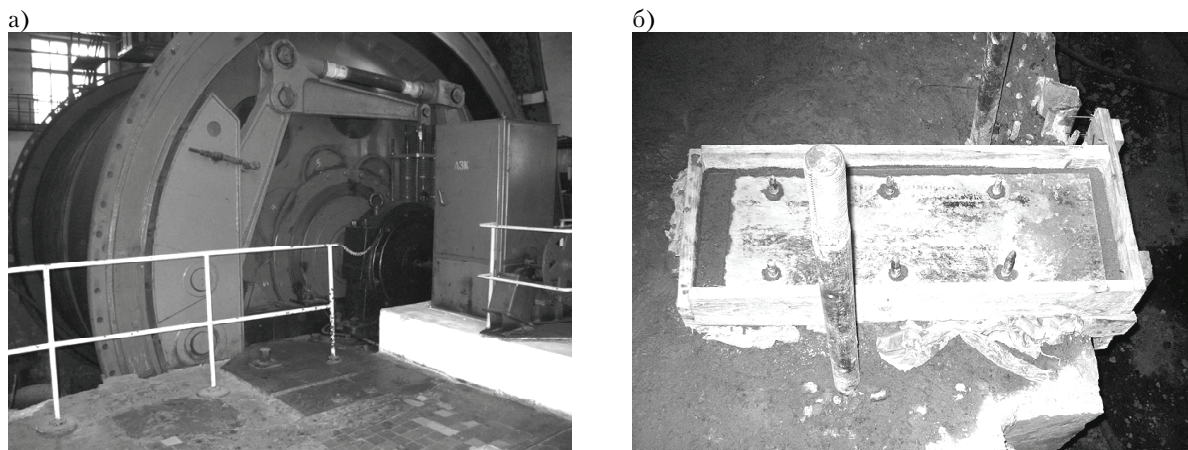


Рис. 5. Реконструкция фундамента барабана подъёмной машины: а – общий вид подъёмной машины ШПМ 1x5,5x6,0; б – подливка опорных стальных плит составами EMACO® S33 и модифицированного тонкозернистого бетона с OMM-2.

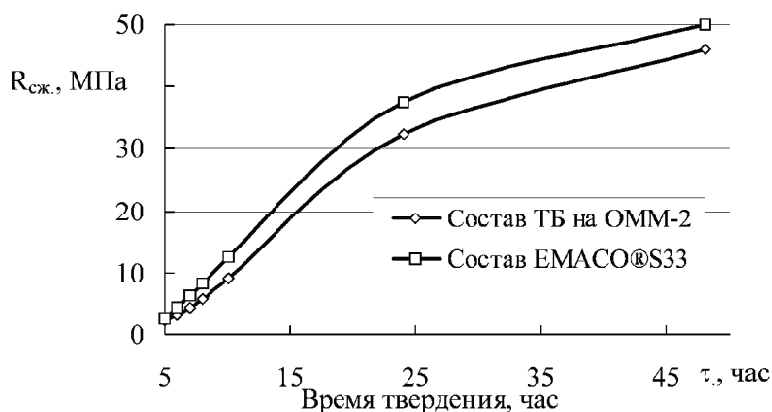


Рис. 6. Зависимость предела прочности при сжатии, $R_{сж.}$ образцов бетона от времени твердения, τ .

машины поднимался в проектное положение и перемещался по горизонтали электромеханическими тележками посредством стальной траверсы длиной 11 м. Общий вид стапелей и оборудования перемещения барабана подъёмной машины представлен на рис.7. Надо отметить, что сама по себе операция перемещения барабана была весьма сложной и ответственной, поскольку масса барабана составляет 220 т.

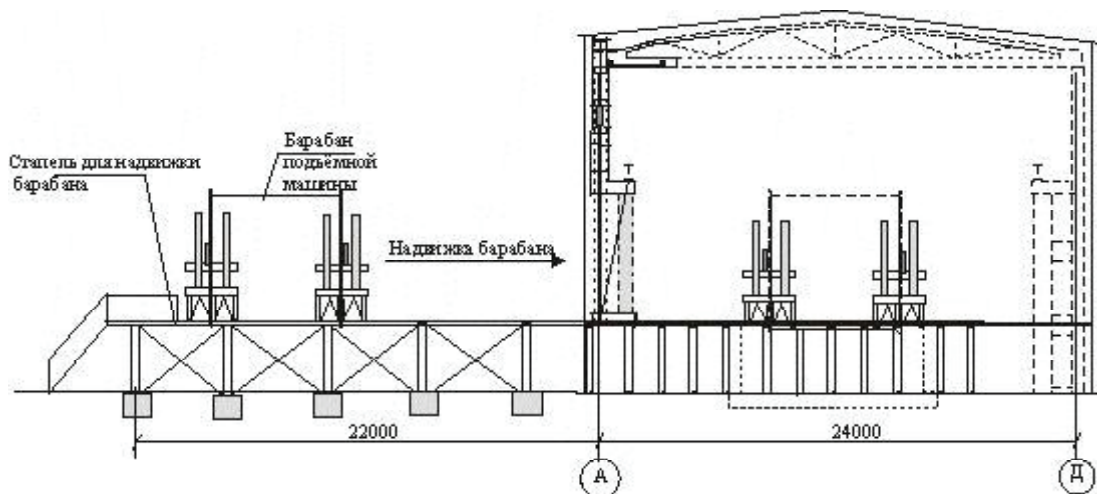
Движение барабана производилось перпендикулярно продольной оси здания (в осях А-4-5) и в связи с этим требовалось образование монтажного проёма шириной 14 м, что требовало частичного удаления двух железобетон-

ных колонн в осях А-4 и А-5 между отметками +3,500 м и + 10,200 м (см. рис. 7). Основным необходимым условием для разработки проекта реконструкции здания подъёмных машин являлась непрерывная работа подъёмной машины угольного подъёма.

Для определения рациональной схемы реконструкции здания подъёмных машин были рассмотрены три возможных варианта реконструкции (см. рис. 8).

"Первый" вариант: создание подкраново-подстропильной системы, опирающейся на существующие фундаменты (см. рис. 8,а). "Второй" вариант: создание подстропильной

а)



б)

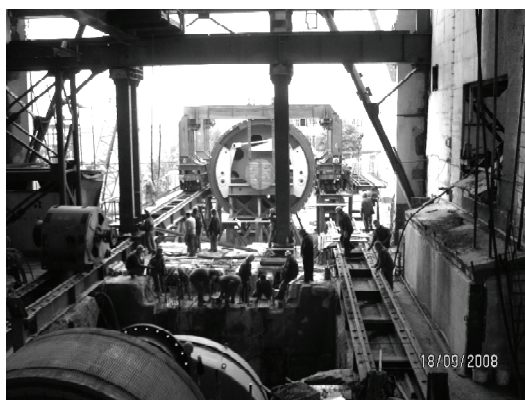


Рис. 7. Общий вид стапеля и механизма перемещения барабана подъемной машины: а — схема перемещения барабана подъемной машины; б — барабан подъемной машины ШПМ 1х6,3х6,0 в процессе подъема на стапель.

системы, опирающейся на новые фундаменты (см. рис. 8,б). "Третий" вариант: создание подстропильной системы, опирающейся на существующие фундаменты и на съёмные стальные колонны (см. рис. 8,в).

Анализ рассмотренных схем реконструкции показал, что для первого варианта не выполняется условие жёсткости при работе мостового крана; второй вариант требовал значительных объёмов демонтажа существующих конструкций, что могло быть причиной остановки подъёмной машины на недопустимо длительное время; третий вариант соответствовал требованиям несущей способности и жёсткости и удовлетворял всем технологическим условиям замены подъёмной машины. Таким образом, для разработки проекта был выбран третий вариант. Подробно конструк-

тивная схема третьего варианта реконструкции представлена на рис. 9.

Выполнение конструктивной схемы осуществлялось в три этапа без остановки существующей подъёмной машины. На первом этапе производился поэлементный монтаж сквозных стальных колонн 2, которые охватывали сечение существующих железобетонных колонн расположенных в осях А-3, А-6 по периметру и устанавливались на цементно-песчаном растворе по типу обоймы. Опирание колонн 2 производилось на (предварительно усиленную) верхнюю часть существующих фундаментов. Верхние и нижние части частично удаляемых колонн усиливались стальными обоймами 1, 5.

На втором этапе производился монтаж нижнего пояса подстропильной системы 7, который пропускался в прямоугольное отверстие

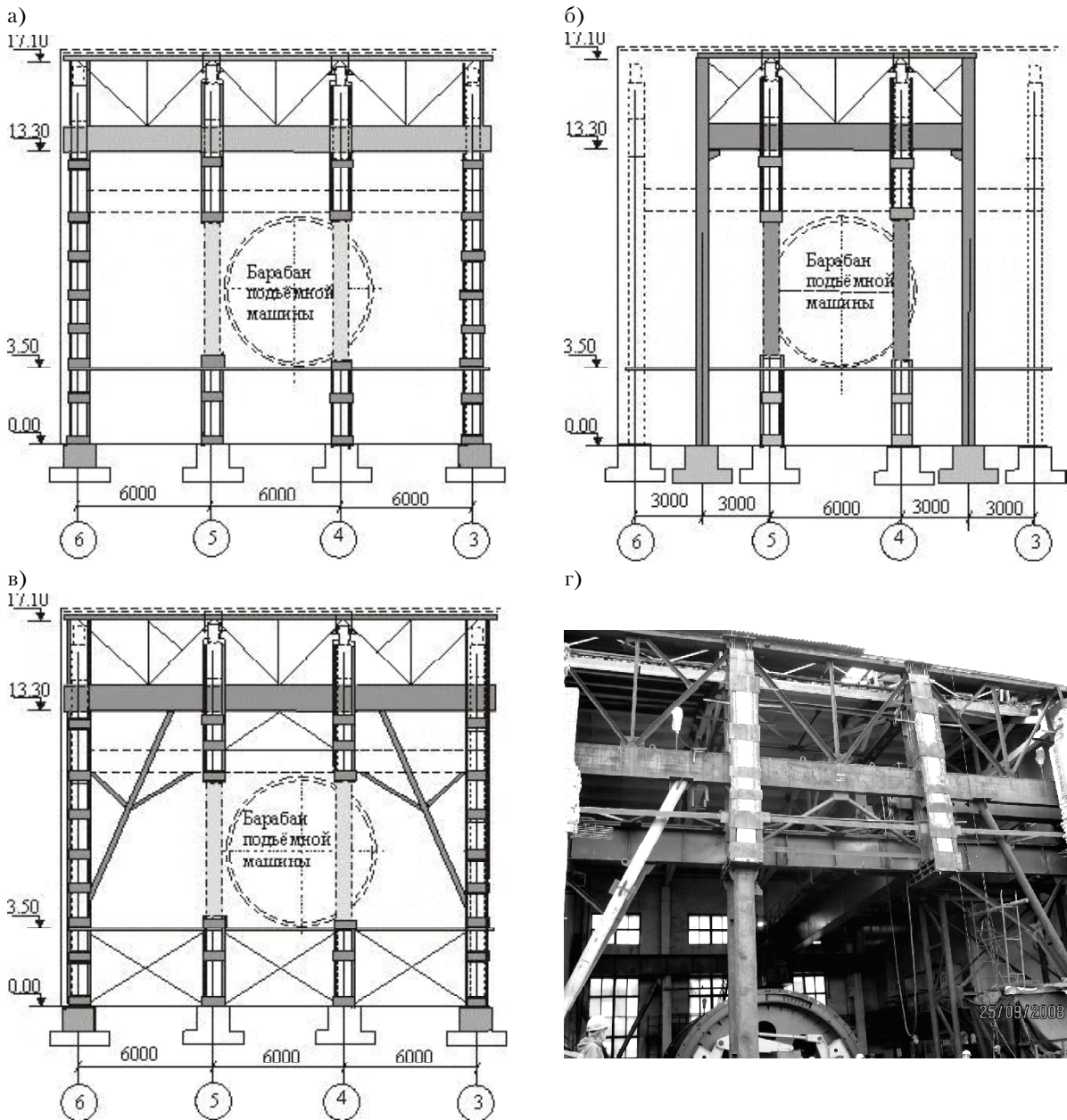


Рис. 8. Варианты конструктивного решения проёма для замены барабана подъёмной машины: а – "первый" вариант; б – "второй" вариант; в – "третий" вариант (реализованный).

прохода в верхней части вырезаемых колонн. После этого устанавливались подкосы 3, которые обеспечивали необходимую жёсткость подстропильной системы, а также частично разгружали верхнюю часть колонн 2. Для обеспечения общей устойчивости каркаса здания на период реконструкции в подстропильной системе были предусмотрена система вертикальных

и горизонтальных связей. Вертикальные связи 6 устанавливались между обоймами частично вырезаемых колонн, а также между подкрановыми частями остающихся колонн. Горизонтальные связи устанавливались между верхним поясом подкрановых балок и стальными обоймами железобетонных колонн 1, 2 по типу тормозной фермы.

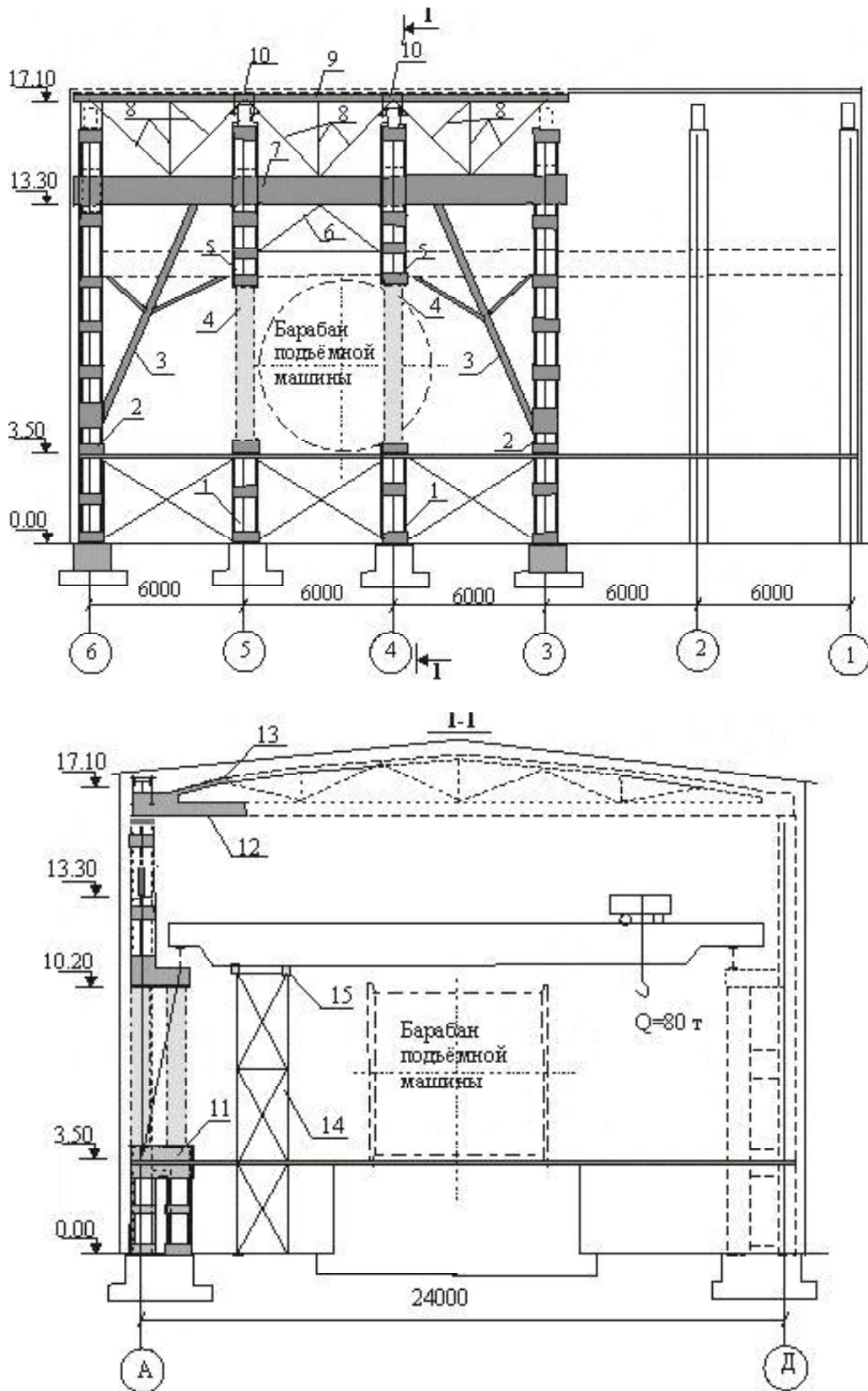


Рис. 9. Конструктивная схема реализованного варианта реконструкции.



Рис. 10. Общий вид подкраново-подстропильной системы после третьей стадии монтажа: а — вид снаружи здания; б — вид изнутри с уровня подкрановых конструкций.

На третьем этапе производился монтаж верхнего пояса стропильной фермы 9 и раскосов 8. После этого первая панель и опорная часть стропильных железобетонных ферм усиливалась стальными обоймами 11, между которыми устанавливались горизонтальные связи 12. Между верхним поясом подстропильной фермы 9 и обоймами 11 устанавливались винтовые домкраты с нижним упором 10. Для обеспечения возможности работы мостового крана после частичного удаления двух колонн, были предусмотрены две съёмные стальные колонны 4.

Общий вид смонтированной подкраново-подстропильной системы на третьей стадии представлены на рис.10.

Одной из самых ответственных операций при возведении подкраново-подстропильной системы, было осуществление опирания существующих железобетонных ферм на узлы под-

стропильной фермы и замыкание их в новую конструктивную систему. Эта операция производилась винтовыми домкратами, которые располагались в узлах 10 между верхним поясом подстропильной фермы 9 и обоймой усиления опорного узла железобетонной фермы 13. Процесс подъёма опорных узлов железобетонных ферм производился до момента отрыва от верха колонн, до контролируемого зазора 1мм. Зазор контролировался микрометрами и гипсовыми маяками. Равномерность натяжения четырёх шпилек каждого домкрата контролировалась тензометрическим методом в режиме реального времени (см. рис. 11). Подкрановые конструкции по ряду "А" разгружались путём вывешивания пролётного строения мостового крана на домкратах 15, установленных на временной четырёхстоечной решётчатой опоре 14 (см. рис. 9). После этого производилось частичное удаление железобетонных колонн в осях А-4, А-5 между



Рис. 11. Подъём железобетонных стропильных ферм винтовыми домкратами.

а)



б)



Рис. 12. Удаление участков железобетонных колонн в осях А-4 и А-5: а — последовательность резов; б — общий вид монтажного проёма после частичного удаления колонн.



Рис. 13. Общий вид монтажного проёма после монтажа одной из съёмных колонн.

отметками +3,500...+10,200 м (см. рис. 12). Удаление колонн производилось тремя последовательными резами. Первый рез производился вверху колонны на отметке +10,200 м. Второй рез — в средней части на отметке +7,280 м. Третий рез — на уровне монолитного железобетонного перекрытия на отметке + 3,500 м (см. рис. 13).

При проектировании конструкций подкраново-подстропильной системы монтажного проёма производились расчёты в среде программного комплекса SCAD, при этом создаваемая конструктивная система представлялась в виде пространственной стержневой конечно-элементной системы (см. рис. 14).

Расчёты производились по трём расчётным схемам, которые учитывали различные этапы монтажа и использования изменённой расчётной схемы сооружения: 1) этап включения в работу подстропильной системы и её последующее раскручивание и удаление частей железобетонных колонн в осях А-4, А-5; 2) этап перемещения барабана подъёмной машины;

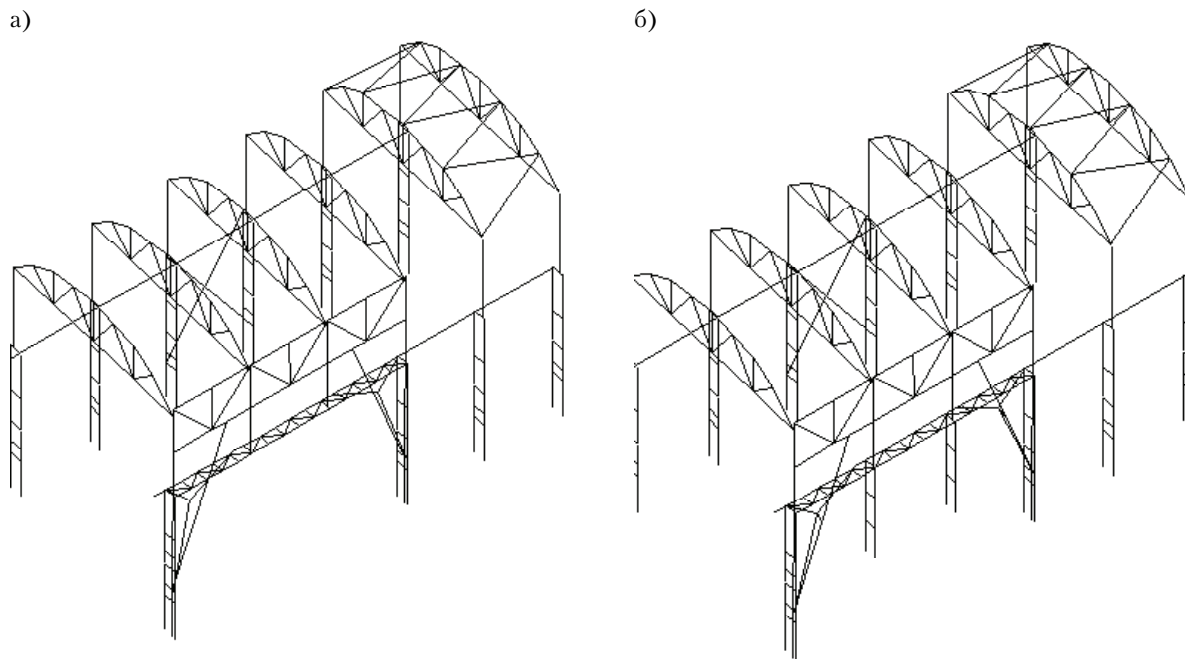


Рис. 14. Расчётная схема реконструируемого здания подъёмных машин на двух стадиях: а — стадия частичного удаления колонн в осях А-4, А-5; б — стадия работы мостового крана при замене ротора двигателя подъёмной машины.

3) этап работы мостового крана при замене ротора электродвигателя подъёмной машины; 4) этап стационарного использования. Результаты расчётов использовались при разработке рабочих чертежей стальных конструкций, а также в качестве системы контролируемых параметров при инструментальном контроле напряжённо-деформированного состояния подкраново-подстропильной системы в процессе реконструкции.

Выводы

1. Эффективность реконструкции шахтных подъёмных установок в условиях действующего производства в основном определяется следующими факторами: технологической схемой реконструкции; техническим состоянием и объёмно-планировочным решением строительных конструкций; продолжительностью остановки шахтной подъёмной установки при осуществлении реконструкции.
2. Обеспечение наиболее эффективного варианта схемы реконструкции, потребовало

использование современных методов технической диагностики строительных конструкций, а так же проведение научно-исследовательских работ при определении напряжённо-деформированного состояния конструктивных элементов сооружений.

3. Важным фактором обеспечения безопасности проведения уникальных строительно-монтажных работ при реконструкции здания подъёмных машин являлись современные инструментальные методы контроля напряжённо-деформированного состояния конструкций, которые позволили производить наблюдения в режиме реального времени.
4. Минимальные сроки и точность монтажа барабана подъёмной машины в значительной мере была обеспечена применением современных безусадочных и быстротвердеющих полимербетонных материалов EMACO® S33 (MASTERFLOW® 980).

Литература

1. Шагин А. Л., Бондаренко Ю. В. и др. Реконструкция зданий и сооружений.— М.: Высш. ш., 1991. — 352 с.

2. Беляков Ю.И., Резник А. В., Федосенко Н. М. Строительные работы при реконструкции предприятий. — М; 1986. — 240 с.
3. Выбор проектных решений в строительстве: Совместное издание СССР-ЧССР/ А.А. Гусаков, Э.П. Григорьев, О.С. Ткаченко и др.; Под ред. А.А. Гусакова. — М.: Стройиздат, 1982. — 268 с.
4. Коновалов П.И. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. — М.: Стройиздат, 1988.—287с.
5. РД 12.003-92. Металлические конструкции шахтных копров. Порядок и организация обследования несущих металлических конструкций шахтных копров.— К.: Госуглепром Украины, 1993. — 102 с.
6. РД 12.005-94. Металлические конструкции шахтных копров. Требования к эксплуатации.— К.: Госуглепром Украины, 1994.— 68 с.
7. РД 12.011-96. Здания и сооружения технологических комплексов шахтной поверхности. Требования к эксплуатации.— К.: Госуглепром, 1996.— 75 с.
8. Кущенко В.Н., Кострицкий А.С., Некрасов Ю.П. Методика и результаты динамических испытаний укосного шахтного копра // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.-Макіївка, 2003.— Вип. 2003-2 (39).— С. 116-125.
9. Кущенко В.Н., Кострицкий А.С. Методика математического моделирования особых нагрузок на конструкции шахтных копров от заклинивания поднимающейся клетки // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.— Макіївка, 2004.— Вип. 2004-2(44).— С. 35-45.
10. Кущенко В.Н. Уточнение нагрузок на фундаменты шахтных подъёмных машин барабанного типа // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.— Макіївка, 2005.— Вип. 2005-3(51).— С. 50-55.
11. Кущенко В.Н. Обеспечение безопасности строительных конструкций укосных шахтных копров: (Монография).— Макеевка ДонНАСА, 2006.—203 с.
12. General Principles on Reliability for Structures. Revision of ISO 2394. Fifteenth Draft — BRE/chr/ May 1997. — 52 p.
13. ISO ST 2394. General Principles on Reliability for Structures.— 1994.— 50p.
14. Lagomarsino S., Pagnini L.C. Criteria for modeling and predicting dynamic parameters of building. Istituto di Ccienza delle Costruzioni, Faculty of Engineering, University of Genova, Genova: 1995.— 97 p.
15. Kulyabko V.V. Drawing up of the dynamic models of long-shan and high-rise RS buildings and structures in the time of the diagnostics// Proc. 2nd RILEM International Conf. Strbske pleso "Diagnosis of Concrete Structures".— Bratislava (Slovakia).— 1996.— P. 382-385.

Горохов Євген Васильович — д.т.н., професор, завідувач кафедри "Металеві конструкції", ректор Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні впливи на будівельні конструкції.

Кущенко Володимир Миколайович — д.т.н., професор кафедри "Металеві конструкції". Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи та удосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій гірничотехнічних споруд.

Василев Володимир Миколайович —к.т.н., професор кафедри "Металеві конструкції", начальник Лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження робіт опор ліній електропередачі; регулювання і облік внутрішнього напруженого стану гарячекатаного прокату в будівельних конструкціях.

Левін Віктор Матвійович — д.т.н., професор, завідувач кафедри "Вища та прикладна математика і інформатика". Наукові інтереси: математичне моделювання процесів деформування просторових систем з армованих пружнов'язкопластичних матеріалів; аналіз роботи залізобетонних баштових споруд.

Зайченко Микола Михайлович — к.т.н., доцент кафедри технологій будівельних матеріалів, виробів та автомобільних доріг. Наукові інтереси: високоміцні і особливо високоміцні бетони на основі фізико-хімічно модифікованих дисперсних компонентів бетону.

Кликов Віктор Михайлович — к.т.н., доцент, член Української асоціації по металевих конструкціях. Працює доцентом кафедри "Металеві конструкції" Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: легкі металеві конструкції; реконструкція і посилення будівельних конструкцій.

Губар Віктор Миколайович — к.т.н., доцент кафедри технологій будівельних матеріалів, виробів та автомобільних доріг. Наукові інтереси: цементні бетони з заповнювачами з відходів промисловості.

Калмиков Юрий Юрійович — к.т.н., доцент кафедры "Залізобетонні конструкції", гол. інженер СНВЦ "Спеціальні і висотні інженерні споруди". Наукові інтереси: удосконалення методів оцінки напружено-деформованого стану елементів залізобетонних конструкцій будівель та споруд, що працюють в умовах складних та температурно-вологісних впливів.

Салівон Юрій Іванович — інженер-електронщик, старший науковий співробітник лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд (ЛИСКИС) ДонНАСА. Наукові інтереси: технічне забезпечення експериментальних досліджень.

Горохов Евгений Васильевич — д.т.н., профессор, заведующий кафедрой "Металлические конструкции", ректор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, климатические нагрузки на строительные конструкции.

Кущенко Владимир Николаевич — д.т.н., профессор кафедры "Металлические конструкции". Научные интересы: исследование действительной работы и совершенствование методов расчёта строительных конструкций горнотехнических сооружений.

Васылев Владимир Николаевич — к.т.н., профессор кафедры "Металлические конструкции", начальник Лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работ опор линий электропередачи; регулирование и учет внутреннего напряженного состояния горячекатаного проката в строительных конструкциях.

Левин Виктор Матвеевич — д.т.н., профессор, заведующий кафедрой "Высшая и прикладная математика и информатика". Научные интересы: математическое моделирование процессов деформирования пространственных систем из армированных упруговязкопластических материалов; анализ работы железобетонных башенных сооружений.

Зайченко Николай Михайлович — к.т.н., доцент кафедры технологий строительных материалов, изделий и автомобильных дорог. Научные интересы: высокопрочные и особо высокопрочные бетоны на основе физико-химически модифицированных дисперсных компонентов бетона.

Клык Виктор Михайлович — к.т.н., доцент, член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям. Работает доцентом кафедры "Металлические конструкции" Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: легкие металлические конструкции; реконструкция и усиление строительных конструкций.

Губарь Виктор Николаевич — к.т.н., доцент кафедры технологий строительных материалов, изделий и автомобильных дорог. Научные интересы: цементные бетоны с заполнителями из отходов промышленности.

Калмыков Юрий Юркевич — к.т.н., доцент кафедры "Железобетонные конструкции", гл. инженер СНПЦ "Специальные и высотные инженерные сооружения". Научные интересы: усовершенствование методов оценки напряженно-деформированного состояния элементов железобетонных конструкций зданий и сооружений, работающих в условиях сложных силовых и температурно-влажностных воздействий.

Саливон Юрий Иванович — инженер электронщик, старший научный сот рудник лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений (ЛИСКИС) ДонНАСА. Научные интересы: приборное обеспечение экспериментальных исследований.

Gorokhov Yevgeny Vasil'yevich — Dr.Sc. (Eng.), professor, Head of the Department "Metal Structures", Rector of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability of steel metal structures, climatic loads on building structures.

Kushchenko Vladimir Nikolayevich — Dr.Sc. (Eng.), professor at the Department "Metal Structures" of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: investigation of a real work and improvement of method of designing building structures and mine technical structures.

Vasylev Vladimir Nikolayevich — Ph.D. (Eng.), professor at the Department "Metal Structures", Head of the Laboratory of Testing Building Structures of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimental and theoretical investigation of power transmission tower operation, control and accounting of the internal stressed state of hot-rolled stock in building structures.

Levin Victor Matveevich — Dr.Sc. (Eng.), professor, Head of the Department "Higher and Applied Mathematics and Informatics" of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: mathematical simulation of the processes of deformation of spatial systems of reinforced elastic- viscous-plastic materials, analysis of reinforced tower structure operation.

Zaichenko Nikolay Mikhailovich — Ph.D. (Eng.), an associate professor at the Department "Technology of Building Materials, Items and Automobile Roads". Scientific interests: high-strength and specially high-strength concretes on the base of physico-chemically modified dispersed components of concrete.

Klykov Victor Mikhailovich — Ph.D. (Eng.), an associate professor, a member of the Ukrainian Association on Metal Structures. An associate professor at the Department "Metal Structures" of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: light metal structures, reconstruction and enforcement of building structures.

Gubar' Victor Nikolaevich — Ph.D. (Eng.), an associate professor at the Department "Technology of Building Materials, Items and Automobile Roads". Scientific interests: cement concretes with fillers of industrial waste.

Kalmykov Yury Yurkevich — Ph.D. (Eng.), an associate professor of the Department "Reinforced Structures", chief engineer of the Scientific Production Center "Special and High-rise Engineering Structures". Scientific interests: improvement of methods of estimating a deflected mode of components of reinforced structures of buildings under complex force and temperature and moisture effects.

Salivon Yury Ivanovich — an electronic engineer, a senior researcher of the Laboratory of Testing Building Structures of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: instrumentation of experimental researches.