

**ДЕРЖАВНА КОРПОРАЦІЯ
«УКРМОНТАЖСПЕЦБУД»**

**ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ
ТОВАРИСТВО
«УКРНДІПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦІЯ
ІМ. В.М. ШИМАНОВСЬКОГО»**

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 12853-1737 ПР від 11.07.2007 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР
Адріанов В.П.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР
Лукашевич Т.І.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Абрашкевич Ю.Д., д.т.н., проф.
Беркута А.В., к.е.н.
Голоднов О.І., д.т.н.
Гончаренко Д.Ф., д.т.н., проф.
Гордеев В.М., д.т.н., проф.
Гуляев В.І., д.т.н., проф.
Егоров Є.А., д.т.н., проф.
Кваша В.Г., д.т.н., проф.
Корольов В.П., д.т.н., проф.
Лантух-Лященко А.І., д.т.н., проф.
Лобанов Л.М., академік НАНУ,
д.т.н., проф.
Мущанов В.П., д.т.н., проф.
Оглобля О.І., д.т.н., проф.
Пасечнюк В.Л.
Пічугін С.Ф., д.т.н., проф.
Пушкар А.П., к.е.н.
Стоянов В.В., д.т.н., проф.
Шимановський О.В., д.т.н., проф.

**МІЖНАРОДНА
РЕДАКЦІЙНА РАДА
на 2007 — 2010 роки**

Абель Д., д.т.н., проф. (США)
Агош З., д.т.н., проф. (Словаччина)
Белоев М., к.т.н. (Болгарія)
Грінченко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Зюлко Є., д.т.н., проф. (Польща)
Кавагучі М., д.т.н., проф. (Японія)
Каравайченко М.Г., д.т.н., проф. (Росія)
Като Ш., д.т.н., проф. (Японія)
Кжупка В., д.т.н., проф. (Чехія)
Кульбах В., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Естонія)
Лан Т., д.т.н., проф. (Китай)
Назаров Ю.П., д.т.н., проф. (Росія)
Новак А., д.т.н., проф. (США)
Павлов А.Б., д.т.н., проф. (Росія)
Розерт Х., д.т.н., проф. (Німеччина)
Сидорович Є.М., д.т.н., проф. (Білорусь)
Спарлінг Б., д.т.н., проф. (Канада)
Трощенко В.Т., академік НАНУ, д.т.н., проф. (Україна)
Тулебаєв К.Р., д.т.н. (Казахстан)
Шугаєв В.В., д.т.н., проф. (Росія)
Янковяк Р., д.т.н., проф. (Польща)



4'2009

Виходить 4 рази на рік

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Заснований у листопаді 2007 року

ЗМІСТ

УНІКАЛЬНІ ОБ'ЄКТИ

С.М. Евель

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАДИОНА «МЕТАЛЛИСТ» 2

НАУКА – ВИРОБНИЦТВО

В.П. Королев, А.А. Рыженков, А.Н. Гибаленко

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МЕНЕДЖМЕНТУ КАЧЕСТВА
ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ И КОРРОЗИОННОМУ КОНТРОЛЮ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ 7

В.К. Цихановський, Д.Е. Прусов

НЕЛІНІЙНА ЗАДАЧА ГРАНИЧНОЇ РІВНОВАГИ ҐРУНТОВИХ МАСИВІВ
ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ОГОРОДУВАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ. 12

В.И. Гуляев, И.Л. Соловьев

КРИТИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОСЕВЫХ СЛЕДЯЩИХ НАГРУЗОК 18

В.В. Стоянов

«КОНСЕРВАЦИЯ» ТРЕЩИН КАК СПОСОБ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА
РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОНСТРУКЦИИ 22

Е.С. Иосилевич

К ПОСТРОЕНИЮ УТОЧНЕННОГО МЕТОДА РАСЧЕТА КОЖУХОВ
ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ 26

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

А.А. Тарнопольский, В.Г. Литвяк

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК
ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КРЕПЛЕНИЯ РЕЛЬСА 30

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ

Н.И. Саванчук, Ю.В. Шинская, Г.К. Курлов

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (САПР ВЭС) 34

АРХІТЕКТУРА

С.В. Сьомка

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПРОПОРЦІОНУВАННЯ
В ГАРМОНІЗАЦІЇ АРХІТЕКТУРИ ПРОМИСЛОВИХ СПОРУД. 39

МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД

А.А. Гром, О.І. Голоднов

КОЛОКВІУМ «РОЗРАХУНОК ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КОНСТРУКЦІЙ» . . . 43

ЮВІЛЕЇНІ ДАТУ

Єжи ЗЮЛКО

(до 75-річчя від дня народження) 46

ЧКАЛІН Василь Федорович

(до 70-річчя від дня народження) 47

Постановою президії ВАК України від 09.04.2008 р. № 1-05/4 журнал внесено до переліку наукових фахових видань із технічних наук



ДО ЧЕМПІОНАТУ ЄВРОПИ 2012 РОКУ З ФУТБОЛУ

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАДИОНА «МЕТАЛЛИСТ»

Харьковский стадион «Металлист» является одним из старейших спортивных сооружений Украины. Строительство его осуществлялось в период с 1925 по 1929 гг. по проекту З.В. Пермиловского.

Согласно информационным источникам на момент открытия стадиона в сентябре 1926 г. была построена только его Западная трибуна, которая оставалась еще в лесах. Стадион имел нестандартную беговую дорожку и асфальтовый велотрек с пологими виражами.

В послевоенные годы была выполнена масштабная поэтапная реконструкция стадиона. Внешний вид его претерпел значительные изменения: увеличены размер и количество зрительских мест, применены технические новшества и решения. От прежнего строения остались кассовый павильон и, частично, Восточная трибуна, которые являются объектами культурного наследия.

В 1971 г. была выполнена реконструкция Западной, а затем с небольшими перерывами Северной и Южной трибун, а также смонтированы осветительные мачты.

Нынешняя реконструкция стадиона «Металлист», исходя из новых требований УЕФА, предусматривает перестройку не только Восточной трибуны, но и стационарного покрытия всего стадиона с целью создания комфортных условий для болельщиков и игроков (рис. 1).

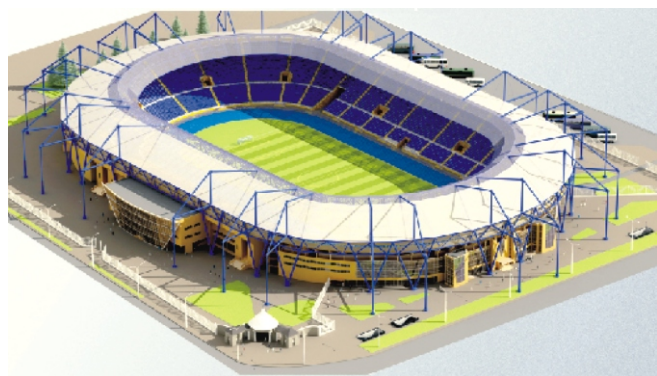


Рис. 1. Проектное решение реконструкции стадиона «Металлист»



С.М. Евель
генеральный директор
ООО «Стальконструкция»
г. Харьков

Генеральным проектировщиком является институт «Харьковпроект». Субподрядные проектные работы выполняет целый ряд проектных организаций, в том числе Харьковский «ПромстройНИИпроект» и харьковское отделение ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского». Генеральным подрядчиком является ООО «Стальконструкция».

При выполнении проектных работ учитывались строительные нормы Украины, а также нормы УЕФА и ФИФА, которые сведены в проект «Концепция реконструкции комплекса стадиона «Металлист» и в технико-экономическое обоснование. В 2007 г. были выполнены проекты реконструкции Южной трибуны (зрительский комплекс ее сдан в эксплуатацию), Восточной трибуны с восстановлением аутентичной части памятника архитектуры.

Строительно-монтажные работы выполнялись параллельно с проведением футбольных матчей Премьер-лиги Украины и Кубка УЕФА по футболу. И лишь в мае 2009 г. стадион был закрыт для завершения всех строительно-монтажных работ.

В соответствии с проектом организации строительства работы на стадионе велись таким образом, чтобы одна из его трибун исключалась из эксплуатации. В случае необходимости задействовать трибуну, где не полностью закончены работы по устройству покрытия, строителями выполнялись дополнительные мероприятия по обеспечению безопасности.

На об'єкті була установлена наступна послідовність демонтажних і строительно-монтажних робіт:

- снос існуючої і возведення нової Східної трибуни, монтаж металоконструкцій покриття;
- демонтажні і строительно-монтажні роботи по переоборудуванню Західної трибуни, устрійство металоконструкцій покриття;
- виконання перелічених робіт спочатку на Північній, а потім на Південній трибунах, устрійство кровлі по всьому покриттю стадіону.

Проект виробництва робіт по реконструкції Східної трибуни, розроблений ООО «Стальконструкція», включав демонтаж конструкцій старої трибуни і підтрибунних приміщень; устрійство буронабивних свай для возведення нової трибуни; устрійство ростверков, распорок і фундаментних балок; монтаж металоконструкцій трибун, конструкцій перекриття з монтажем залізобетонних лотків під устрійство сидінь для глядачів і устрійство підтрибунних приміщень.

В зв'язі зі зжатыми строками роботи велись суміщеним методом, окремими технологічними потоками [1, 2]. Практично одночасно з розборкою і демонтажем існуючих строений Східної трибуни виконувались земляні і свайні роботи, бетонувалась ростверк, а потім монтувались строительні конструкції.

Несущий каркас трибуни запроєктований в формі балочної клітки з нерозрізними головними балками, опираючись на сталеві сварні колонни. По верху підтрибунні головні балки перекривались збірними залізобетонними лотками, на котрі кріпляться сидіння для глядачів (рис. 2).

Устойчивість конструкції забезпечується вертикальними зв'язями по колоннам каркаса, горизонтальними зв'язями з распорками і дисками перекриттів в продольному напрямку і упором головних балок на фундаменти на позначці 0.000 по ряду А в поперечному напрямку.

Монтаж металоконструкцій трибун, перекриттів і залізобетонних лотків ряду Е виконували двома гусеничними кранами МКГ-25 БРБС з башенно-стріловим обладнанням.

За чотири місяця 2007 г. в час реконструкції Східної трибуни стадіону «Металіст» було смонтовано 321 т металевих конструкцій, 627 м³ збірних залізобетонних складок, уложено 4653 м² профілірованного листа, забетонировано 1042 м³ полов, в перекриття уложено 652 м³ бетонної суміші.

Необхідно відзначити, що згідно проекту покриття Східної і Західної, Північної і Південної трибун конструктивно відрізняються незначительно [2]. Більш складними з точки зору конструктивного рішення, технології і організації робіт є Східна і Західна трибуни. В той же час якщо покриття над Східною трибуною виконувалося як над знову возведеною частиною стадіону, то устрійству покриття над Західною трибуною передували роботи по демонтажу існуючого покриття, а також VIP-ложі.

Поэтому більший інтерес представляють технічні, організаційні і технологічні рішення по возведенню покриття над Західною трибуною.

Демонтаж старих конструкцій покриття Західної трибуни вироблявся гусеничним краном СКГ-401 в наступній послідовності: спочатку демонтували покриття по фермам з профнастилу, потім прогоны покриття



Рис. 2. Устрійство ростверка і монтаж несущих конструкцій Східної трибуни

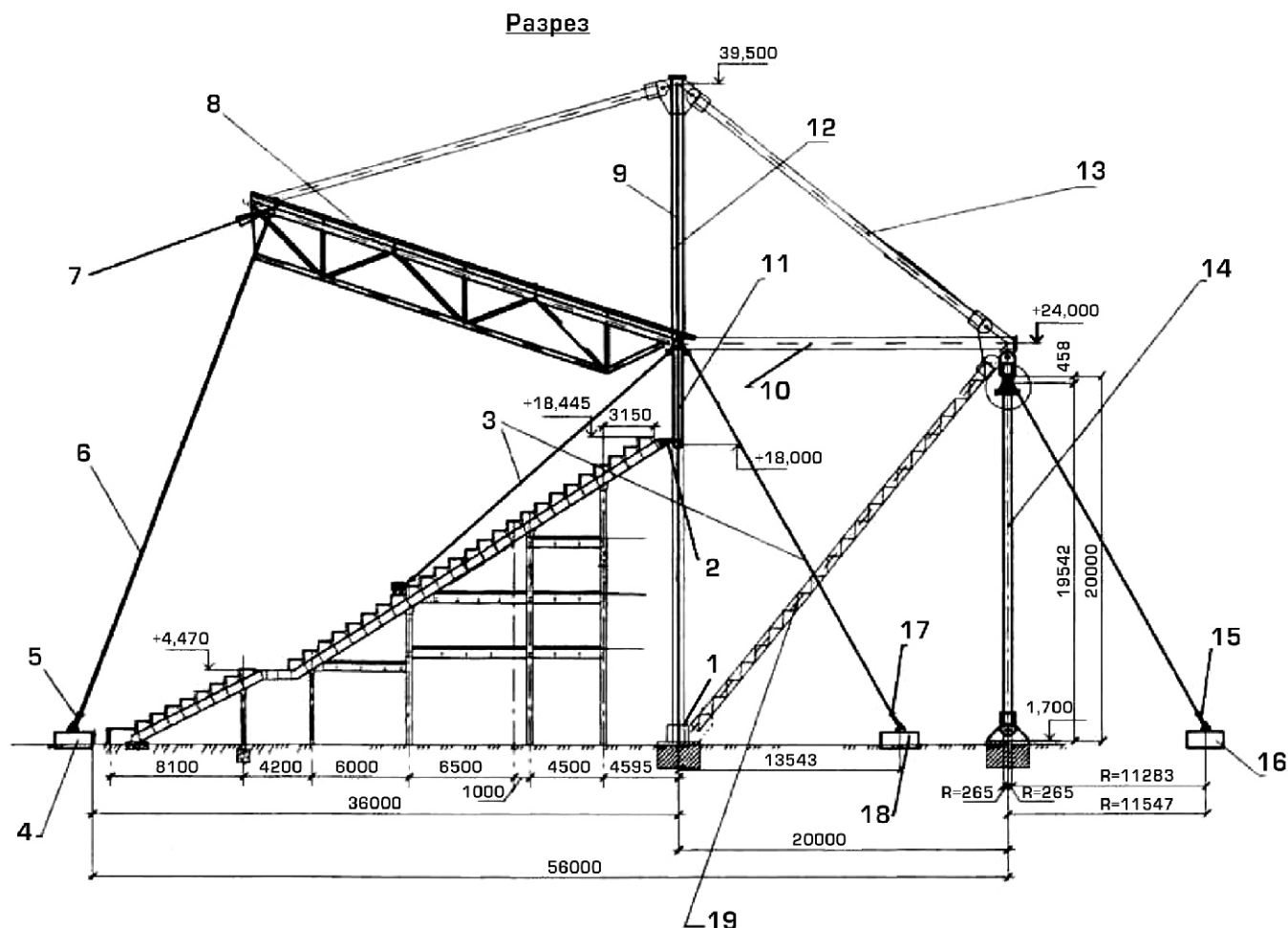


Рис. 3. Несущие конструкции покрытия и их временное крепление во время монтажа:

1 – V-подобная опора; 2 – жесткое раскрепление по нижнему поясу фермы; 3 – расчалки для раскрепления ферм $L = 48$ м; 4 – груз $P = 1,44$ т для крепления талрепов; 5 – талреп $Q = 2$ т; 6 – расчалки для стропильной фермы; 7 – универсальный подстропок для крепления расчалок по верхнему поясу стропильной фермы; 8 – раскрепление стропильной фермы покрытия трибуны; 9 – проектный расчалок из каната $29,5$ мм; 10 – проектный горизонтальный распор; 11 – внешняя ферма $L = 48$ м между V-подобными опорами; 12 – раскрепление стойки по V-подобным опорам; 13 – проектный наклонный распор; 14 – раскрепленная отнесенная колонна; 15 – талреп $Q = 10$ т; 16 – груз $P = 10$ т для крепления талрепов; 17 – талреп $Q = 2$ т; 18 – груз $P = 1,44$ т; 19 – наклонный временный распор.

тия по фермам в осях 16–21 с применением ходовых мостиков из доски $b = 40$ мм с ограждением; распорки горизонтальной связи (монтажники перемещались по верхним и нижним поясам ферм только при помощи страховочных тросов, надежно закрепленных к стойкам ферм, с обязательной страховкой при помощи предварительно испытанных монтажных поясов); опорные стойки ферм покрытия.

Вновь возводимые конструкции покрытия над Западной трибуной, как и над другими, запроектированы из профилей трубчатого сечения диаметром от 720 до 219 мм с шарнирными соединениями, общий замкнутый контур которых обеспечивает устойчивость сооружения в целом (рис. 3).

Проектировщиками было принято решение до возведения общего контура покрытия над Западной трибуной устойчивость отдельных участков обеспечивать за счет временных распорок и расчалок.

Отметка верха колонн V-образных опор 24.000 м, верха покрытия (максимальная) 39.500 м.

Перед монтажом конструкций покрытия были проведены подготовительные мероприятия: выполнены фундаменты под V-образные опоры и колонны, отнесенные на 20 м; для укрупнительной сборки конструкций покрытия изготовлены и установлены стенды для V-образных опор длиной 21,5 м и шириной до 17,8 м; для сборки элементов покрытия (колонн высотой 22,3 м, горизонтальных и наклонных



Рис. 4. Монтаж подстропильной фермы $L = 64$ м весом 46 т



Рис. 5. Демонтаж существующих конструкций покрытия Южной трибуны



Рис. 6. Смонтированные конструкции покрытия трибун и укрупнительная сборка подстропильной фермы Южной трибуны

оттяжных элементов из труб диаметров 730 и 530 мм, временных наклонных трубчатых распорок по осям 17–20, ферм покрытия длиной 27 м), колонны высотой 22,3 м, внешней фермы длиной 48 м, внутренних ферм со стороны футбольного поля $L = 64$ м, стропильных ферм длиной 26,25 м, а также вспомогательные стенды для сборки отдельных частей ферм более мелких размеров (наружных и внутренних).

Для размещения стендов, сборки и монтажа конструкций вдоль устроенной площадки складирования на расстоянии 5 м был обустроен путь для прохождения гусеничного крана МКГ-25 БРБС, который подавал металлоконструкции с площадки складирования на стенды укрупнительной сборки V-образных опор и внешней 48-метровой фермы.

Сборку внешней 48-метровой фермы на стенде производили гусеничным краном МКГ-25 БРБС, V-образной опоры – гусеничным краном СКГ-401.

Укрупнительную сборку элементов козырька покрытия из труб больших сечений выполняли на универсальном сборочном стенде краном МКГ-25 БР с БСО или гусеничным краном СКГ-40/63.

Стенд для предмонтажной сборки внутренней фермы длиной 64 м (со стороны футбольного поля) располагался на первом ярусе горизонтальной части трибуны. Укрупнительная сборка внутренней фермы производилась пневмоколесным краном QY-70K. Из-за большого веса монтируемых конструкций все сборочные стенды располагались непосредственно у места монтажа в соответствии со стройгенпланами и схемами монтажа.

Конструкции покрытия монтировались в следующей последовательности:

- предварительное укрупнение и монтаж V-образных опор-стоек с одновременным раскреплением их уголком 100 × 8 к элементам существующих трибун. Вес опоры – 39 т в осях 18–19 и 29 т – в осях 17 и 20. Монтаж опор производился пневмоколесным краном FAUN ATF 220 G-5 на вылете 14 м при участии вспомогательного пневмоколесного крана QY-70K. Распорки демонтировались только после проектного оформления всех элементов в ячейке покрытия между V-образными опорами, строповка которых выполнялась методом на «удава» стропами диаметром 43 мм;

- монтаж внешней фермы весом 37 т, длиной 48 м и высотой 6 м с раскреплением ее расчалками двумя пневмоколесными кранами FAUN-220 G5 QY-70K. До монтажа на фермы устанавливались навесные лестницы с люльками, страховочные тросы для приема стропильных ферм, связей, распорок, прогонов покрытия. Строповка ферм производилась стропами методом на «удав» диаметром 43 мм;
 - монтаж одиночных колонн (вес колонны составлял 4,9 т, длина 22,3 м и диаметр 720 мм) гусеничным краном QY-70K. Устойчивость стоек обеспечивалась при помощи расчалок с усилием ~ 9–10 т (при угле наклона растяжек ~ 60°). Строповка колонны производилась методом на «удав» кольцевым стропом диаметром 22,5 мм;
 - монтаж наклонных временных раскосов между фундаментами и вертикальными стойками и горизонтальных распорок весом 10 т от одиночных колонн к V-образным опорам;
 - монтаж вантовой стойки $L = 15,5$ м с отметки 24.00 м до 39.50 м с подкосом на одиночную колонну с раскреплением постоянными и временными растяжками пневмоколесным краном QY-70K. Прием и проектное закрепление производились с навесных люлек и автовышек;
 - монтаж наклонных решетчатых стропильных ферм $L = 27$ м кранами FAUN-220G, QY-70K с обязательным расчаливанием элементов системы;
 - монтаж второй рамы аналогично первой;
 - укрупнение подстропильной фермы $L = 64$ м для внутреннего контура на горизонтальном стенде с распределительными балками на участке Западной трибуны;
 - монтаж подстропильной фермы $L = 64$ м пневмоколесными кранами FAUN ATF220 G-5 и LIEBHERR LTM-1160, установленными со стороны футбольного поля (рис. 4);
 - монтаж всех стропильных ферм и связей между осями 17–20 и элементов козырька, связей и распорок на этом участке пневмоколесным краном QY-70K со стороны футбольного поля. Прием и проектное закрепление велись с автовышек или с навесных лестниц с люльками;
 - монтаж осветительных и подвесных площадок пневмоколесным краном QY-70K и СКГ-40/63. Прием и проектное закрепление первых площадок производились с навесных люлек на гусеничном кране, последующих площадок – с ранее смонтированных.
- В соответствии с проектом организации работ работы по демонтажу существующего (рис. 5) и монтажу конструкций вновь запроектированного покрытия Южной трибуны являются заключительным этапом.
- Общий вид смонтированных несущих конструкций покрытия Восточной, Южной и Западной трибун показан на рис. 6, где можно видеть стенд, на котором осуществляется укрупнительная сборка внутренней подстропильной фермы криволинейного очертания.
- Монтажные работы по устройству конструкций покрытия стадиона планируется закончить в текущем году.

Выводы. Монтаж конструкций покрытия трибун укрупнительными блоками позволил снизить трудоемкость, сократить продолжительность и стоимость строительно-монтажных работ.

Полученный опыт может быть успешно использован при реконструкции стадионов в других городах Украины.

[1] Гончаренко Д.Ф., Евель С.М. Организационно-технологические решения реконструкции Восточной трибуны стадиона «Металлист» в г. Харькове // Науковий вісник будівництва, ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2008. – № 47. – С. 37–42.

[2] Евель С.М. Монтаж покрытия Східної трибуни стадіону «Металіст» у м. Харкові // Будівництво України. – 2008 р. – № 10. – С. 16–20.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МЕНЕДЖМЕНТУ КАЧЕСТВА ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ И КОРРОЗИОННОМУ КОНТРОЛЮ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрен порядок подтверждения соответствия качества противокоррозионной защиты стальных конструкций с учетом установленных требований к степени агрессивности воздействий в процессе эксплуатации. Обоснована методика выбора средств первичной и вторичной защиты при задании модели эксплуатации и срока службы стальных конструкций в условиях коррозионно-активных воздействий, определен порядок расчетов на коррозионную стойкость, долговечность и ремонтпригодность по предельным состояниям на стадии конструкторской подготовки производства металлоконструкций. Предложена расчетная модель коэффициента готовности стальных конструкций по параметрам конструктивных и технологических мер противокоррозионной защиты. Сформирована спецификация показателей качества средств первичной и вторичной защиты при изготовлении.

The paper examines procedure of corroboration of steel structure corrosion protection quality in view of specified requirements to corrosivity degree of attack in the process of use. Technique of choice of means of primary and secondary protection has been justified when specifying the model of steel structure use and service life in corrosive environment. Procedure of calculation of corrosion resistance, durability and maintainability according to limiting states at the stage of engineering preparation of metal structure manufacture is specified on the basis of formulated requirements to design fitness and technological rationality of steel structures and their protective coats. Calculation model of steel structure availability factor in accordance with parameters of constructive and technological measures of corrosion protection is proposed. Specification of quality indices according to results of tests of primary and secondary protection means in course of manufacture is formulated.

Ключевые слова: коррозионная стойкость стальных конструкций, средства первичной и вторичной защиты, долговечность, ремонтпригодность, уровень коррозионной опасности, технологическая безопасность.

Расширение функциональных возможностей применения металла в строительстве, обеспечение архитектурной выразительности зданий и сооружений определяют необходимость совершенствования требований к средствам и методам противокоррозионной защиты, в т.ч. к конструкторской и технологической подготовке мер первичной и вторичной защиты стальных конструкций с учетом заданного срока их службы. Особенности работы металлоконструкций, закономерности их нагружения, характер технологических процессов и состав воздействий агрессивной среды оказывают существенное влияние на показатели коррозионной стойкости и долговечности конструктивных элементов и их защитных покрытий. Поэтому обеспечение долговременной защиты возможно, как правило, при согласовании всеми заинтересованными сторонами (заказчик, поставщик покрытий, изготовитель металлоконструкций и др.) спецификаций противокоррозионной защиты [1]. Принципы менеджмента качества также определяют успешное управление и функционирование гражданских и промышленных объектов при обосновании дополнительных затрат, экономическая эффективность которых во многом определяется правильным выбором конструкторско-технологических решений защиты от коррозионного разрушения.

В статье изложены основные принципы обоснования мер противокоррозионной защиты эксп-



В.П. Королев
директор ДонЦТБ
ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция
им. В.Н. Шимановского»,
д.т.н., профессор



А.А. Рыженков
председатель правления
ОАО «Конструкция», г. Донецк



А.Н. Гибаленко
гл. инженер ДонЦТБ
ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция
им. В.Н. Шимановского»,
к.т.н., доцент

луатирующихся строительных объектов при использовании методических подходов к оценке предельных состояний, требований обеспечения надежности, безопасности и долговечности [2].

Принципы менеджмента качества. Методология стандартов серии ISO 9001:2000 включает восемь принципов менеджмента качества, способствующих достижению целей для разработанной системы и организационной структуры управления при проектировании, изготовлении и эксплуатации строительных металлоконструкций [3].

Разработка средств и методов защиты от агрессивных воздействий для обеспечения задан-

ных показателей надежности и безопасности предусматривает техническое регулирование по требованию заказчика конструктивных и технологических мер первичной и вторичной защиты при изменении расчетной ситуации, устанавливающей эксплуатационные характеристики объекта.

Политика руководства определяет цели менеджмента качества по показателям коррозионной стойкости и долговечности, сформулированные в техническом задании на проектирование конструкций зданий и сооружений.

Расчетные модели преобразования требований надежности и безопасности в характеристики эксплуатационных свойств конструкций устанавливают методы контроля качества, диагностики коррозионного состояния, целесообразность вовлечения специализированных организаций и экспертов для выполнения процедур подтверждения качества. Таким образом, гарантии качества, представленные спецификациями по ресурсу при проектировании и изготовлении, реализуются на основе процессного

подхода, отражающего систему технического обслуживания и ремонта конструкций в течение установленного срока службы объекта.

Системный подход к управлению предполагает идентификацию и формализованное описание напряженно-деформированного состояния конструкций на основе зависимостей коррозионной системы «Нагрузка – Конструкция – Среда».

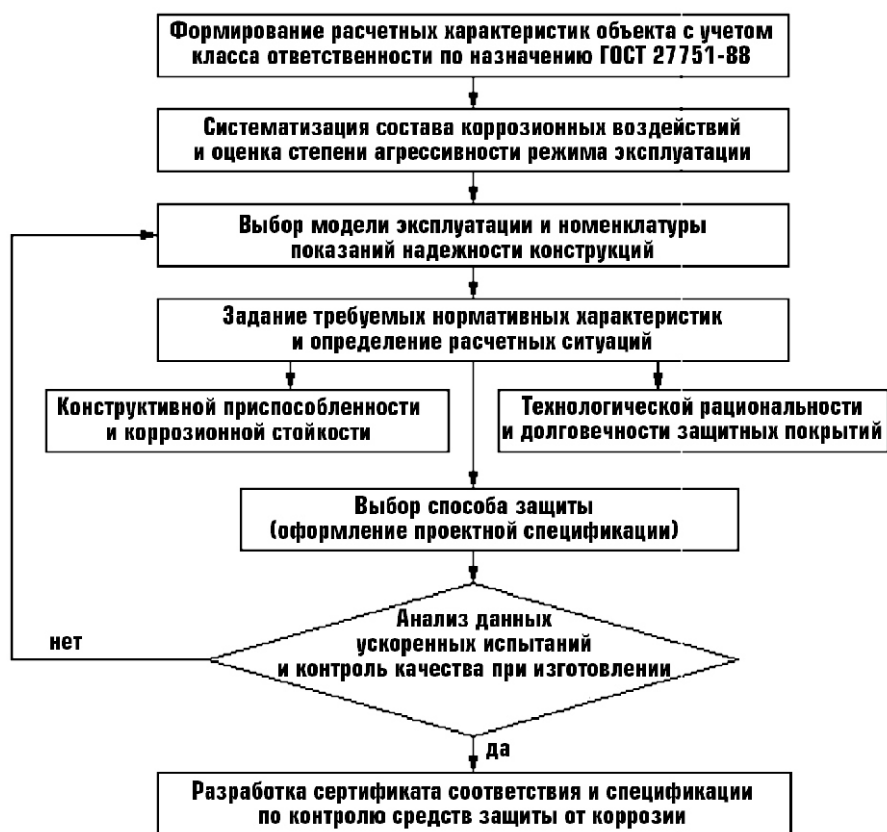
Разработанная технология мониторинга коррозионного состояния обеспечивает возможность оценки параметров регулирования ресурса конструкций для реализации политики их постоянного улучшения, направленной на совершенствование мер первичной и вторичной защиты. Преимущества регистрационного метода оценки показателей ремонтпригодности стальных конструкций по фактическому состоянию позволяют сформулировать подход принятия решений для обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений в коррозионных средах.

Предлагаемая организационная структура взаимовыгодных отношений с поставщиками

на основе принципов менеджмента качества противокоррозионной защиты является основой для обоснования гарантированных показателей коррозионной стойкости и долговечности при изготовлении металлоконструкций.

Последовательность этапов методического подхода к менеджменту средств и методов защиты от коррозии стальных конструкций по требованиям технологической безопасности представлена на рисунке.

Определение требований к первичной и вторичной защите производится при согласовании с заказчиком типовой модели эксплуатации, применительно к которой разрабатывается номенклатура показателей надежности. Конструкторская подготовка производства связана с анализом возможностей



Последовательность конструкторских и технологических мер первичной и вторичной защиты при изготовлении конструкций с гарантированной долговечностью

первичной защиты на стадии КМ и требований по коррозионной стойкости в рабочих чертежах КМД. При выборе средств вторичной защиты учитываются показатели технологической рациональности, связанные с условиями изготовления, монтажа и эксплуатации. Для обоснования требований коррозионной стойкости, долговечности и ремонтпригодности производится выбор средств первичной и вторичной защиты по результатам моделирования расчетных ситуаций при заданном сроке службы конструкций [4].

Оценка коэффициента готовности стальных конструкций при ускоренных испытаниях и по данным мониторинга коррозионного состояния. Выбор систем защитных покрытий включает анализ показателей технологической рациональности противокоррозионной защиты B_{oz} по данным экспертной оценки конструкторской и технологической подготовки производства

$$B_{oz} = \prod_{i=1}^N B_i \prod_{j=1}^P m_j b_{ij} \prod_{c=1}^Q q_{ij} / 100 Q, \quad (1)$$

где B_i – комплексные показатели проектных требований по долговечности, технологичности, сохраняемости и ремонтпригодности; m_i – коэффициент значимости комплексного показателя; q_{ij} – весовая характеристика j -го признака i -го комплексного показателя; Q – количество экспертов в группе при аудите.

Результатом экспертной оценки показателя технологической рациональности по вариантам выполнения вторичной защиты является определение требуемых значений коэффициентов надежности первичной z_k и вторичной z_n защиты с учетом нормативных требований (табл. 1) [5].

Сравнительный анализ долговечности защиты строительных конструкций и сооружений от коррозии производится с учетом коэффициента готовности стальных конструкций K_g , являющегося комплексным показателем ремонтпригодности и характеризующего параметры конструктивных и технологических мер первичной и вторичной защиты

$$K_g = \frac{T_k T_z}{T_k n T_z}, \quad (2)$$

где T_k – срок службы стальных конструкций по показателю коррозионной стойкости (первичная защита); T_z – расчетный срок службы защитных покрытий с доверительной вероят-

ностью $= 0,95$ по результатам ускоренных испытаний; n – количество ремонтных циклов возобновления противокоррозионной защиты при установленном сроке службы объекта.

Задача определения коэффициента готовности при воздействиях агрессивных сред представляет собой расчет стальных конструкций по предельным состояниям на коррозионную стойкость и долговечность по результатам ускоренных коррозионных испытаний защитных покрытий, целью которых является расчетная оценка показателя T_z для определения соответствия различных систем защитных покрытий расчетным ситуациям по показателям коррозионной стойкости и долговечности.

Сущность метода ускоренных испытаний [6] заключается в воздействии на образцы с защитными покрытиями искусственно создаваемых условий, имитирующих воздействия коррозионно-активных компонентов среды. Последовательность выполнения испытаний регламентирована требованиями стандарта ISO 12944:1998. Испытания физико-механических и защитных свойств выполняются на стандартных образцах, а оценка защитных свойств покрытий производится в соответствии с требованиями ГОСТ 9.407-84.

Экспертная оценка состояния обобщенного показателя защитных свойств покрытий A_z выполняется по формуле

$$A_z = \prod_{i=1}^N B_i X_i, \quad (3)$$

где B_i – коэффициент весомости вида разрушения; X_i – относительная оценка i -го вида разрушения; i – число видов разрушения.

Реакция сопротивления поверхностному разрушению $\Phi(N)$ определяется с учетом взаимодействия параметров конструктивной формы j и факторов коррозионных воздействий i

$$\Phi(N) = A_i A_j A_{i,j} A_{i,j,1}; \quad (4)$$

$$A_{i,j} = a_{i,0} \prod_{j=0}^L a_{i,j} / T_k, \quad (5)$$

где $A_{i(j)}$ – системная переменная коррозионных потерь; $a_{i(j)}$ – весовая характеристика параметров конструктивной формы i, j ; a_0 – коррозионные потери стали С235 при продолжительности ускоренных коррозионных испытаний 720 час; T_k – промежуток времени, соответствующий установленным коррозионным потерям.

Таблица 1

ТРЕБОВАНИЯ К ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Степень коррозионной стойкости	Группа средств и методов защиты	Способ защиты конструкции	Расчетные значения z_n/z_k при сроке службы T_n , год			
			10	30	50	100
СКС 1	СМЗ 1	Углеродистые, низколегированные стали без защиты	$\overline{0,99}$	$\overline{0,99}$	$\overline{0,98}$	$\overline{0,95}$
СКС 2	СМЗ 2	Атмосферостойкие стали без защиты	$\overline{0,99}$	$\overline{0,96}$	$\overline{0,94}$	$\overline{0,91}$
	СМЗ 1.2	Углеродистые, низколегированные стали с ЛКП	$\frac{0,97}{0,999}$	$\frac{0,86}{0,99}$	$\frac{0,77}{0,975}$	$\frac{0,74}{0,99}$
СКС 3	СМЗ 1.1	Углеродистые, низколегированные, оцинкованные стали	$\frac{0,99}{0,999}$	$\frac{0,95}{0,99}$	$\frac{0,92}{0,975}$	$\frac{0,91}{0,95}$
	СМЗ 1.2	Углеродистые, низколегированные стали с ЛКП	$\frac{0,89}{0,99}$	$\frac{0,88}{0,975}$	$\frac{0,84}{0,95}$	$\frac{0,83}{0,90}$
СКС 4	СМЗ 1.3	Углеродистые, низколегированные, оцинкованные стали с ЛКП	$\frac{0,95}{0,99}$	$\frac{0,90}{0,975}$	$\frac{0,92}{0,95}$	$\frac{0,92}{0,90}$
	СМЗ 1.2	Углеродистые, низколегированные стали с ЛКП	$\frac{0,86}{0,975}$	$\frac{0,89}{0,95}$	$\frac{0,89}{0,90}$	$\frac{0,88}{0,85}$
СКС 5	СМЗ 1.3	Углеродистые, низколегированные, оцинкованные стали с ЛКП	$\frac{0,92}{0,975}$	$\frac{0,93}{0,95}$	$\frac{0,91}{0,90}$	$\frac{0,93}{0,85}$
	СМЗ 1.2	Углеродистые, низколегированные стали с ЛКП	$\frac{0,85}{0,95}$	$\frac{0,87}{0,90}$	$\frac{0,88}{0,85}$	$\frac{0,91}{0,80}$

Срок службы системы защитного покрытия устанавливается по экспериментальным данным ускоренных коррозионных испытаний по формуле

$$T_z = P(N)/A_n, \quad (6)$$

где $P(N)$ – коррозионные потери незащищенной стали, соответствующие количеству циклов ускоренных испытаний N до установленной характеристики отказа; A_n – характеристическое значение годовых коррозионных потерь.

Таким образом, по экспериментальным данным ускоренных коррозионных испытаний выполняется статистическая оценка коэффициента надежности и устанавливается контрольный норматив системы защитного покрытия для определения гарантированной долговечности и ремонтпригодности конструкций. Результаты контроля показателей качества используются для формирования спецификации элементов конструкций по коррозионной стойкости, долговечности и ремонтпригодности и

представлены в табл. 2 на примере пролетных строений транспортерных галерей промздания.

Здесь для оценки свойств противокоррозионной защиты при эксплуатации использована методика контроля коррозионного состояния конструкций с применением показателя качества эксплуатации F_e , установленного по методу Г. Тагути [7]. Этот показатель является характеристикой эффективности мер первичной и вторичной защиты для определения уровня риска по технологической безопасности R_i с учетом фактического воздействия факторов коррозионной агрессивности режима эксплуатации объекта. Для определения показателей коррозионной стойкости проведены стендовые испытания образцов сталей ВСтЗпс5 и 09Г2С, размещенных в условиях действующего объекта, которые подтвердили соответствие расчетных характеристик коррозионного состояния конструкций и их защитных покрытий характеру и интенсивности воздействия эксплуатационной среды.

Таблица 2

СПЕЦИФИКАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ СРЕДСТВ ПЕРВИЧНОЙ И ВТОРИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Обозначение, материал и система защитного покрытия элементов пролетных строений транспортерных галерей	Обозначение по СНиП 2.03.11-85*, подготовка поверхности	Показатель B_{oz}	Характеристика агрессивности режима эксплуатации $A_n, \text{г}/(\text{м}^2 \text{год})$	Срок службы конструкций $T_n / T_z, \text{лет}$	Коэффициент готовности K_g	Коэффициент надежности zn / zk
Марка Ф1, 130 ВСтЗсп5, ЦВЭС №1	Ia-2 (80), PSt2	4,3	850	50/15,5	0,65	0,93/0,95
Марка Ф-1, 124 ВСтЗсп5, ЦВЭС №1					0,6	0,93/0,91
Марка Б1, 120 ВСтЗсп5					0,55	0,93/0,88
Марка Б3, 220 10, 220 8, О9Г2С, ЦВЭС №1					0,55	0,93/0,90

Таблица 3

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ УРОВНЯ КОРРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Степень агрессивности воздействий $K, \text{мм}/\text{год}$	Интервальные оценки коэффициента готовности противокоррозионной защиты K_g				
	$0 < K_g \leq 0,1$	$0,1 < K_g \leq 0,3$	$0,3 < K_g \leq 0,5$	$0,5 < K_g \leq 0,7$	$0,7 < K_g \leq 1,0$
Слабоагрессивная $0,01 < K \leq 0,05$	KI	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется
Низкоагрессивная $0,05 < K \leq 0,15$	KII	KI	не нормируется	не нормируется	не нормируется
Среднеагрессивная $0,15 < K \leq 0,30$	KIII	KII	KI	не нормируется	не нормируется
Высокоагрессивная $0,30 < K \leq 0,50$	KIV	KIII	KII	KI	не нормируется
Сильноагрессивная $K > 0,50$	KV	KIV	KIII	KII	KI

Установленный методический подход к оценке эффективности мер первичной и вторичной защиты использован также для классификации уровней коррозионной опасности KI–KV, представленной в табл. 3.

Использование критерия коррозионной опасности обеспечивает возможность задания требований к выбору мер первичной и вторичной защиты, а также устанавливает контрольные нормативы для обоснования системы технического обслуживания и научно-техническо-

го сопровождения объектов в зависимости от степени агрессивности воздействий и коэффициента готовности противокоррозионной защиты. Таким образом, создаются условия для технического регулирования требований технологической безопасности на всех стадиях жизненного цикла конструкций, включая формирование системы мер по предупреждению аварийных ситуаций для объектов повышенной коррозионной опасности.

[1] ISO 12944:1998 Лаки и краски – защита от коррозии стальных конструкций системами защитных покрытий.
 [2] ГОСТ 27751-88 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. Дата введ. 01.07.88. – 8 с.
 [3] Шимановський О.В., Корольов В.П. Концептуальні основи системи технічного регулювання надійності й безпечності будівельних конструкцій//Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2008. – №1. – С. 4–9.
 [4] Королев В.П. Теоретические основы инженерных расчетов стальных конструкций на коррозионную стойкость и долговечность//Научные труды ДГАСА. – 1995. – Вып. 1. – 108 с.

[5] Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Стальные конструкции. СНиП 2.03.11-85*. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
 [6] ГОСТ 9.401-91 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов.
 [7] Королев В.П., Лотоцкий О.Б., Филатов Ю.В. Реинжиниринг для обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений//Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2008. – № 2. – С. 26–33.

Надійшла 12.12.2008 р.

УДК 539.3: 624.071: 624.04

НЕЛІНІЙНА ЗАДАЧА ГРАНИЧНОЇ РІВНОВАГИ ҐРУНТОВИХ МАСИВІВ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ОГОРОДЖУВАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

Розглянута задача граничної рівноваги ґрунтових масивів при взаємодії з огороджувальними конструкціями типу «стіна в ґрунті» завглибшки до 40 м і більше. Наведена методика розрахунку огороджувальних конструкцій з урахуванням геометричної і фізичної нелінійності в постановці задачі на основі нелінійної теорії пружності і пластичності ґрунтів. Отримані результати дослідження комбінованого півпростору з використанням нової моделі рівнянь стану багатошарового ґрунтового масиву.

The problem of ultimate equilibrium of soil mass has been considered on interaction with of deep excavation filler structure at a depth of 40 meters and more. Analysis of investigation results of multilayer soil half-space equilibrium in postcritical state with interaction of deep excavation filler structure for new construction taking into account nearby existing building has been verified the possibilities to draw significant experiment of foundation soil with filler structures interaction on basis of developed correlations and to obtain more specific data of internal strength in constructions in the presence of reinforcement elements.

Ключові слова: ґрунтові масиви, глибокі котловани, огороджувальні конструкції, основи споруд, прилегла забудова.

Розрахунки огороджувальних конструкцій глибоких котлованів з побудовою універсальних розрахункових моделей для ґрунтового масиву при контакті з жорсткими елементами огорож котлованів і фундаментів із застосуванням методів нелінійної теорії пружності і пластичності та їх комп'ютерна реалізація є актуальною проблемою сьогоденного проектування будівель та споруд.

В основу запропонованої методики покладено узагальнення залежностей механіки ґрунтів для отримання закономірностей, що дозволяють більш обґрунтовано визначати величину напружено-деформованого стану огорож котлованів, основ та фундаментів прилеглої забудови залежно від неоднорідностей ґрунтової основи. Даний підхід визначення розрахункових характеристик ґрунтової основи відрізняється тим, що дозволяє враховувати не тільки її неоднорідність, а й фізико-механічні характеристики ґрунтів окремих елементів та їх зміну.

У розрахунковій схемі задачі передбачається дискретне моделювання плоского ґрунтового неоднорідного (багатошарового) півпростору з наявністю порожнин (котлованів новобудов, підземних приміщень існуючої забудови) і включень (елементів огороджувальних конструкцій, захисних екранів, фундаментів прилеглих будівель і споруд).

Розв'язок сильнонелінійної задачі побудований з використанням рівнянь у приростах [6, 7], виходячи з першого принципу віртуальної роботи для статичних задач тривимірного нелінійно-деформованого тіла [6]:



В.К. Цихановський
головний науковий співробітник
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція
ім. В.М. Шимановського»,
д.т.н., професор



Д.Е. Прусов
докторант кафедри реконструкції
аеропортів та автошляхів
Інституту міського господарства
Національного авіаційного
університету, к.т.н., доцент

$$\int_V \left(\delta u_{ij} c_{(e,p)}^{ijkl} \right) \delta v_{ij} dv - \int_V p^i u_i dv - \int_S q^i u_i ds = 0, \quad (1)$$

де δu_{ij} – компоненти тензора початкових напружень; $c_{(e,p)}^{ijkl}$ – компоненти тензора пружностей у пружно-пластичному стані матеріалу; δu_{ij} – варіація в прирості тензора скінченних деформацій Коши-Гріна; p^i , q^i – компоненти узагальнених векторів об'ємних і поверхневих сил у глобальній декартовій системі координат; u_i – варіації компонент вектора приростів переміщень у глобальній системі координат.

Варіаційне рівняння (1) у відповідності з енергетичними методами розв'язання задач описує рівновагу елементарного об'єму довільного суцільного середовища (незалежно від його фізичних властивостей) адекватне такому його напруженому стану, коли невеликий додатковий вплив може порушити рівновагу. Такий напружений стан характеризується ще й тим, що опір зсуву в елементарній області визначається у граничному стані для даного типу ґрунту і відноситься до другої фази граничних станів ґрунтів при значному розвитку зсувних деформацій у масиві ґрунту [9].

У запропонованій методиці розв’язання задач стійкості ґрунтового масиву [8] критерій стійкості або текучості ґрунту в окремій однородній ізотропній елементарній області описується в універсальній формі на основі розширеного критерію текучості Мізеса [1, 4, 8] з використанням поверхні навантаження за критерієм Кулона-Мора [2, 4] та з урахуванням не тільки другого, але і третього інваріанта тензор-девіатора функції напружень через інваріант Лоде-Надаї [4]

$$f(\hat{\sigma}, \hat{\sigma}^{(p)}, c) = \frac{3}{2} I_1(\hat{S}^2) \cos \frac{\sin \sin}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

$$\frac{I_1(\hat{\sigma}) \sin}{\sqrt{3}} \sqrt{3} c \cos \quad 0; \quad \frac{1}{3} \arcsin \frac{\sqrt{6} I_1(\hat{S}^3)}{[I_1(\hat{S}^3)]^{3/2}},$$

де $\hat{\sigma}, \hat{\sigma}^{(p)}$ – тензори загальних напружень, напружень девіаторної частини і пластичних деформацій відповідно; $I_1(\hat{\sigma}), I_1(\hat{S}^2), I_1(\hat{S}^3)$ – перші інваріанти відповідно повного тензора напружень $\hat{\sigma}$ та квадрата і куба тензор-девіатора напружень \hat{S} ; α, c – кут внутрішнього тертя і питомого зчеплення ґрунту відповідно.

Використовуючи теорію пластичної течії в рамках розширеного критерію текучості Мізеса, на основі асоційованого закону течії отримані фізичні рівняння в позаграничному стані в приростах загальних скінченних деформацій $\hat{\epsilon}$ [8]:

$$\hat{\epsilon} = \hat{\epsilon}^{(e,p)} \hat{\epsilon}; \quad \hat{\epsilon}^{(e,p)} = \hat{\epsilon}^{(e)} \hat{n} \hat{n}; \quad \hat{n} = \hat{\epsilon}^{(e)} (\hat{S} \hat{S}^2); \quad (3)$$

$$2 \left[I_1(\hat{S})^2 - 2 \hat{S} \hat{S}^2 - 2 I_1(\hat{S}^4) \right]; \quad (4)$$

$$3 \cos \frac{\sin \cos}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

$$\cos \frac{\sin \sin}{\sqrt{3}} \frac{\sqrt{6} I_1(\hat{S}^3) \sin}{I_1^{3/2}(\hat{S}^2) \sqrt{6} I_1(\hat{S}^3)} \frac{\sin \sin}{\sqrt{3}};$$

$$\frac{3\sqrt{6} \cos \frac{\sin \sin}{\sqrt{3}} I_1(\hat{S}^2) \sin \frac{\cos \sin}{\sqrt{3}}}{I_1^{3/2}(\hat{S}^2) \sqrt{6} I_1(\hat{S}^3)}, \quad (6)$$

де λ – параметр Ламе узагальненого закону Гука; $I_1(\hat{S}), I_1(\hat{S}^4)$ – перші інваріанти лінійного та четвертого ступеня тензор-девіатора напружень.

За запропонованою методикою для розв’язку задач стійкості ґрунтового півпростору на основі методу скінченних елементів [6] в якості вихідних співвідношень використовуються варіаційні рівняння рівноваги (1) і рівняння поверхні навантаження в шестивимірному просторі повних напружень (2).

При розв’язку задачі рівноваги ґрунтового масиву можна отримати достатньо достовірні результати при визначенні напружень, про що свідчать порівняння з експериментальними даними [1, 2, 9–11], але розрахунок деформацій за допомогою цих співвідношень викликає певні сумніви щодо їх достовірності. Існують напівемпіричні методи [11, 12], які свідчать, що початковий модуль пружності, отриманий з урахуванням навколишнього обмежувального тиску в середовищі ґрунтового масиву, помітно збільшується із збільшенням питомої ваги ґрунту і є наближено пропорційним обмежувальному – гідростатичному тиску. Окрім того, було помічено, що на величину модуля пружності з глибиною ґрунтового півпростору впливає неоднорідність шарів ґрунтового масиву, а також взаємодія окремих шарів багатшарової системи без урахування тертя між ними [1, 9, 13]. Відхилення властивостей ґрунтового масиву від властивостей ізотропного тіла пояснюється наявністю в масиві шаруватості, тобто шарів ґрунтів з відмінними властивостями. Цю поперечну анізотропію досить точно можна описати за допомогою узагальненого закону Гука для матеріалу з трансверсальною анізотропією [14]. Таким чином, спрощена модель трансверсальної анізотропії багатшарового ґрунтового масиву буде мати лише три незалежні константи:

$$E, \quad \nu \quad \text{та} \quad n = E/E', \quad (7)$$

де E, E' – модулі пружності у напрямках нормалі та дотичної площини ізотропії; ν – коефіцієнт Пуассона.

Згідно з рекомендаціями [1, 16] для реалізації моделі ґрунту з використанням (7) та задовільнення умов сумісності деформацій для ізотропного середовища модуль пружності повинен змінюватись з глибиною z у відповідності з степеневим законом [1]:

$$E = E_1 z^1 ; \quad (8)$$

де E_1 – модуль пружності ґрунту при $z = 1$, що з урахуванням середнього значення коефіцієнта Пуассона $\nu = 0,4$, яке застосовується для розв’язку плоских задач у ґрунтовому просторі, дозволяє одержати:

$$E(z) = 0,5 E_0 \sqrt{z} . \quad (9)$$

Оскільки аргумент глибини півпростору фактично визначає гідростатичний тиск – uz , тоді можна прийняти:

$$E(z) = k_s E_0 ; \quad k_s = k_u \sqrt{z} , \quad (10)$$

де k_u – коефіцієнт умов роботи ґрунтового півпростору.

При глибині $z = 2$ м у формулі (10) приймаємо $k_s = 1$.

Для проведення аналізу ефективності викладеної моделі стану багатошарового ґрунтового масиву розв’язана задача стійкості ґрунтового відкосу при взаємодії з конструкціями огорожі глибокого котловану та основою існуючої будівлі. Розрахункова схема та дискретна модель багатошарового ґрунтового півпростору при наявності включень конструкцій огорож котловану, фундаментів існуючих споруд та порожнин представлена на рис. 1.

У відповідності з конкретною геологією дискретна модель включає наступні горизонтальні шари ґрунту (див. рис. 1): основний шар 0 – пісок; включення типу 1 – супісок; включення типу 2 – глина; включення типу 3 – глина строката; включення типу 4 – макропористий лесоподібний глинистий ґрунт; включення типу 5 – суглинок лесоподібний; включення типу 6 – суглинок лесоподібний; включення типу 7 – насипний ґрунт.

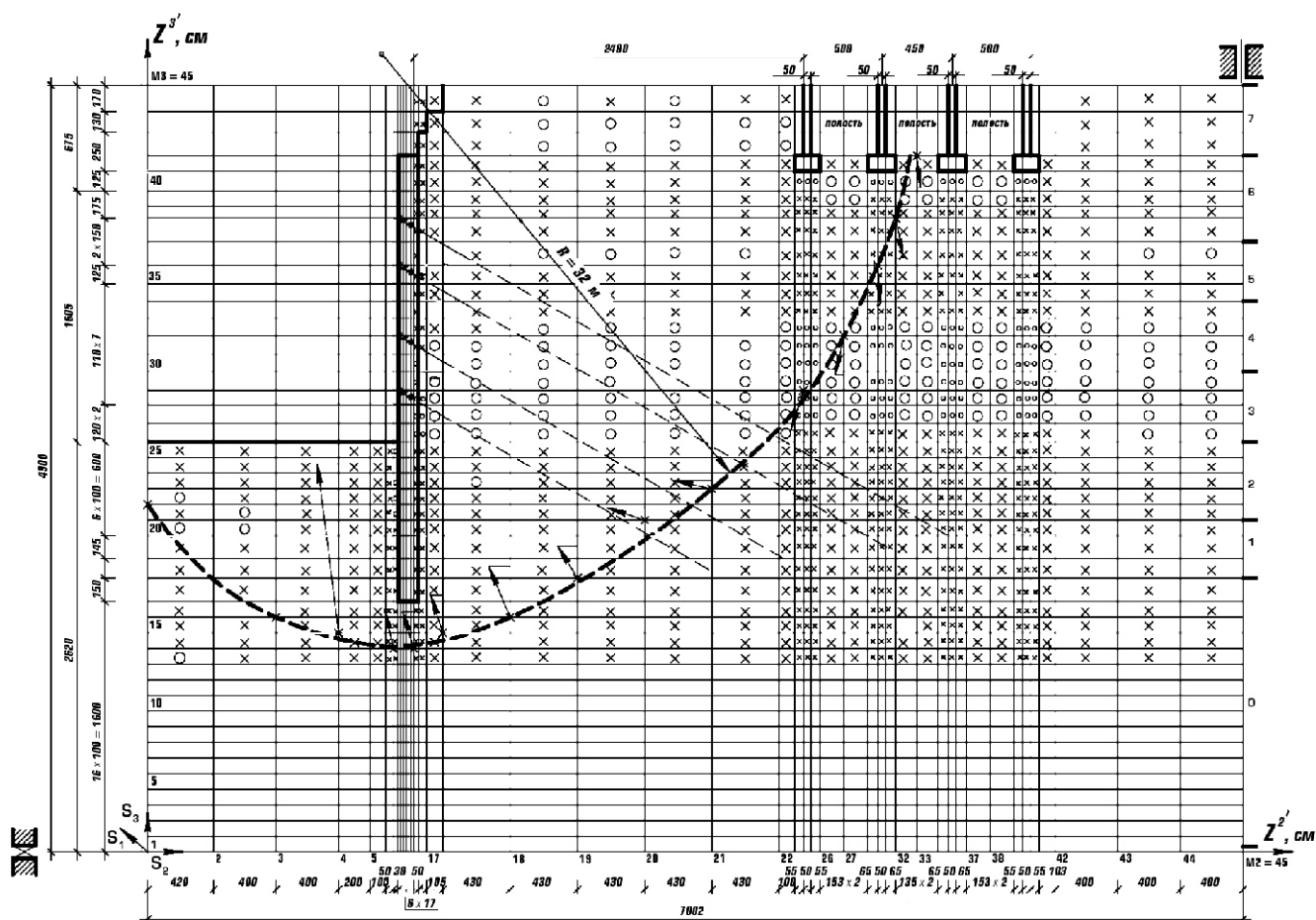


Рис. 1. Розрахункова схема та дискретна модель багатошарового ґрунтового півпростору (світлим пунктиром показано напрямки анкernih в'язей)

З урахуванням реалізації моделі поперечної анізотропії шарів багат шарового півпростору типу (9) при $\alpha = 0,5$, $k_u = 1; 1,5; 1,75$ корекція функції модулів загальної деформації E_0 виконана відповідно до лінійної залежності між крайніми точками кривих 1, 2, 3 (на рис. 2 графік при $k_u = 1$ показаний пунктирною лінією), тобто прийнята пропорційна залежність збільшення модуля загальної деформації від глибини з використанням граничних точок апроксимації (10).

Остаточо для центральних точок окремих включень отримані коефіцієнти збільшення та наступні значення E_0 та c :

- основний шар 0
 $k_0 = 2,52$; ($E_0 = 340 \cdot 2,52 = 856,8$ кгс/см²;
 $c = 0,02 \cdot 2,52 = 0,050$ кгс/см²);
- включення типу 1
 $k_1 = 2,00$; ($E_0 = 200 \cdot 2,00 = 400,0$ кгс/см²;
 $c = 0,18 \cdot 2,00 = 0,36$ кгс/см²);
- включення типу 2
 $k_2 = 1,85$; ($E_0 = 280 \cdot 1,85 = 518,0$ кгс/см²;
 $c = 0,8 \cdot 1,85 = 1,48$ кгс/см²);
- включення типу 3
 $k_3 = 1,69$; ($E_0 = 280 \cdot 1,69 = 473,2$ кгс/см²;
 $c = 1,2 \cdot 1,69 = 2,03$ кгс/см²);
- включення типу 4
 $k_4 = 1,47$; ($E_0 = 150 \cdot 1,47 = 220,5$ кгс/см²;
 $c = 0,26 \cdot 1,47 = 0,38$ кгс/см²);
- включення типу 5
 $k_5 = 1,20$; ($E_0 = 90 \cdot 1,20 = 108,0$ кгс/см²;
 $c = 0,18 \cdot 1,20 = 0,22$ кгс/см²);
- включення типу 6, 7
 $k_6 = k_7 = 1$; ($E_0 = 100,0$ кгс/см²; $c = 0,12$ кгс/см²).

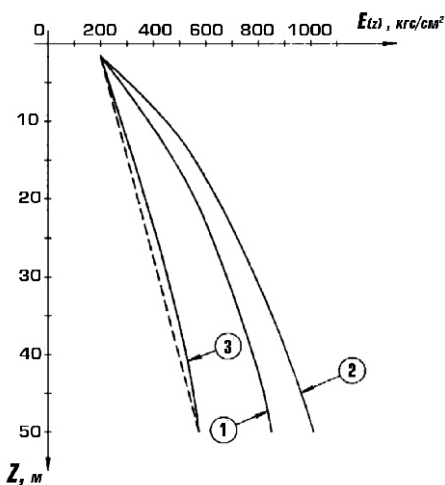


Рис. 2. Функції зміни модуля загальної деформації ґрунту при $\alpha = 0,5$:
 1 – $k_u = 1,5$; 2 – $k_u = 1,75$; 3 – $k_u = 1$

Тросові анкерні в'язі, які закладаються в ґрунт та додатково утримують залізобетонну стіну, моделюються пружно-податливими у наступних чотирьох вузлах із сітковими координатами S_2, S_3 , що направлені під кутом $\alpha = 60^\circ$ до осі OZ^3 : 1) $S_2 = 8, S_3 = 29$; 2) $S_2 = 5, S_3 = 32$; 3) $S_2 = 8, S_3 = 36$; 4) $S_2 = 8, S_3 = 38$. Навантаження на стрічкові фундаменти існуючої будівлі приведено до рівномірно розподіленого по підшвах фундаментів, виходячи із центрального навантаження.

Розміри півпростору згідно з розрахунковою схемою на рис. 1 складають за габаритами 70 × 49 м, завтовшки 1,0 м. Площа півпростору вимірюється в процесі нелінійного деформування за рахунок покровового введення порожнини, що моделює еволюційне утворення котловану, з постійною шириною 16 м і змінною глибиною від 1,7 до 22,8 м.

Сіткова область скінченно-елементної моделі має розміри 2 × 45 × 45 ($M_1 = 2, M_2 = 45, M_3 = 45$), що відповідає 1936 скінченним елементам (СЕ), включаючи порожнину з межами, що визначаються сітковими координатами S_2, S_3 початкового і кінцевого вузла сіткової регулярної області – відповідно 1, 26 і 8, 45.

Результати дослідження напружено-деформованого стану ґрунтового багат шарового півпростору свідчать, що першими у критичний стан переходять скінченні елементи, які локалізуються в околі контакту залізобетонної стіни в ґрунті з прилеглими до неї в ґрунті СЕ. На рис. 1 ці елементи показані символом «х».

Під п'ятою пальової стінки спостерігається ядро ущільнення – прямокутний трикутник, гіпотенуза якого є підшвою стіни в ґрунті. По обидві сторони від цього трикутника і вздовж бокових поверхонь стіни розповсюджені інтенсивні зони пластичних деформацій. У напрямку днища котловану спостерігаються зони випору ґрунту III фази ущільнення і розвитку локальних зсувів.

У результаті аналізу локальних зсувів у перерізах, нормальних до умовної лінії ковзання, яка показана на рис. 1 пунктиром у вигляді циліндричної поверхні з радіусом $R = 32$ м, отримуємо точки-вузли з максимальними зміщеннями у межах 0,6–1,1 см, що визначають межі призми зсуву і випору ґрунту в сторону котловану і простір між огорожувальною стінкою і фундаментами існуючої будівлі.

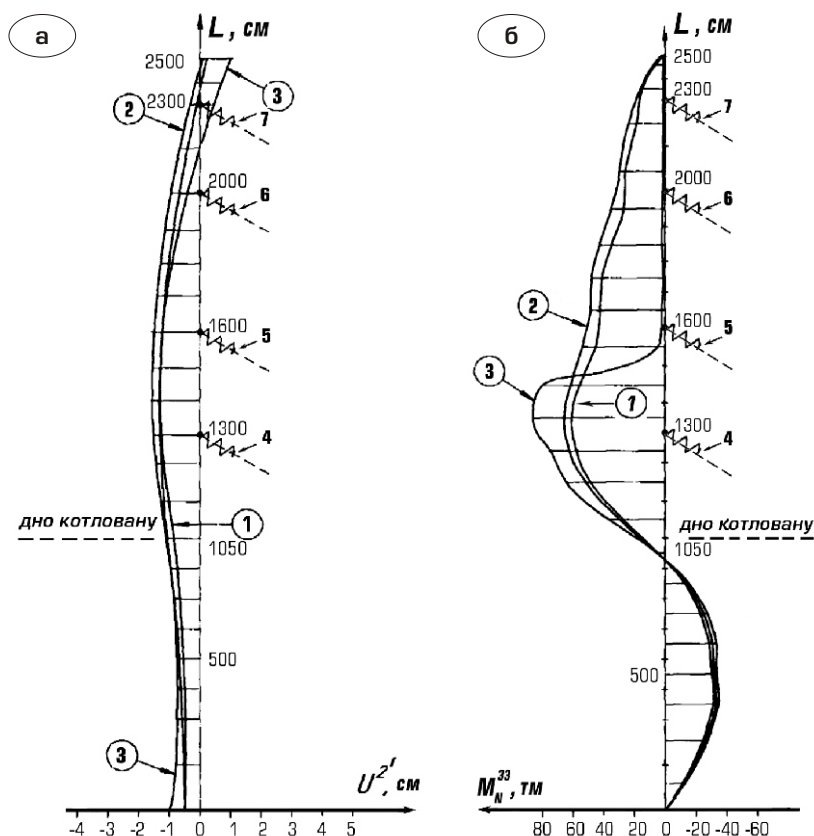


Рис. 3. Епюри переміщень (а) та погонних згинальних моментів (б) підпірної стіни при:

- 1 – наявності анкерних в'язей та з урахуванням корекції E_0 , с ;
 - 2 – відсутності анкерних в'язей та з урахуванням корекції E_0 , с ;
 - 3 – наявності анкерних в'язей та без урахування корекції E_0 , с ;
- (4 7 – анкерні в'язі)

За проведенням аналізом трьох варіантів розрахунку ґрунтового півпростору отримані чисельні результати, за якими побудовані епюри переміщень (рис. 3, а) та погонних згинальних моментів у стіні (рис. 3, б). Характери кривих за першим і другим варіантами розрахунків практично не відрізняються, але за третім варіантом відрізняються якісно і кількісно.

У зв'язку зі значним зміщенням верхнього краю підпірної стінки в сторону ґрунту, а нижнього в сторону котловану стінка зазнає суттєвого повороту як жорсткого цілого за годинниковою стрілкою, тому анкерні пристрої 5, 6, 7,

що працюють як односторонні в'язі (тільки на розтяг), виключаються з роботи, а в околі анкерного пристрою 4 спостерігаються максимальні погонні згинальні моменти 86,4 тм. В інших варіантах маємо максимальні ординати 60,76 та 66,00 тм, тобто збільшення згинального моменту при відсутності корекції E_0 відбувається на 40 % для третього варіанта.

Аналіз отриманих результатів досліджень закритичного стану рівноваги багат шарового ґрунтового масиву при його взаємодії з огорожувальними конструкціями глибоких котлованів за наявності розташованих поряд існуючих споруд дозволяє дійти наступних висновків:

- розроблені нові співвідношення моделі ґрунту, яка враховує вплив поперечної анізотропії та неоднорідності гнучких багат шарових систем на основі нелінійної теорії пружності і пластичності з урахуванням розширеного критерію текучості Мізеса, дозволяють виявити достатньо достовірний характер взаємодії ґрунтового півпростору з огорожувальними конструкціями котлованів та уточнити величини внутрішніх зусиль в огорожувальних конструкціях при наявності стабілізуючих, укріплюючих та інших елементів;
- чисельна реалізація співвідношень і алгоритмів нелінійного деформування дозволяє розв'язувати задачі проектування огорожувальних конструкцій при обмеженій кількості параметрів проектування: товщині та глибині стіни в ґрунті, жорсткості стабілізуючих елементів тощо;

- розроблена методика забезпечує уточнений розрахунок на міцність елементів огорожувальних конструкцій глибоких котлованів, підпірних стін, екранів тощо в умовах активного і пасивного тиску ґрунтів штучних дамб,

транспортних земляних полотен із урахуванням їх багат шарового армування, споруд каналів при визначенні стійкості днища в умовах розвитку граничних пластичних деформацій.

- [1] Харр М.Е. Основы теоретической механики грунтов. – М.: Изд-во лит. по стр-ву, 1971. – 320 с.
- [2] Цытович Н.А., Тер-Мартirosян З.Г. Основы прикладной геомеханики в строительстве. – М.: Высш. шк., 1981. – 317 с.
- [3] Прагер В. Введение в механику сплошных сред. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 312 с.
- [4] Теллес Д.К.Ф. Применение метода граничных элементов для решения неупругих задач. – М.: Стройиздат, 1987. – 160 с.
- [5] Цыхановський В.К., Прусов Д.Е. Метод скінченних елементів у задачах дослідження неоднорідного півпростору з урахуванням геометричної і фізичної нелінійності // Опір матеріалів та теорія споруд: Наук.-техн. збірник. – Вип. 75. – Київ, КНУБА. – 2004. – С. 87–98.
- [6] Баженов В.А., Цыхановський В.К., Кислоокій В.М. Метод скінченних елементів у задачах нелінійного деформування тонких та м'яких оболонок. – К.: КНУБА, 2000. – 386 с.
- [7] Шимановский А.В., Цыхановский В.К. Теория и расчет сильно нелинейных конструкций – К.: Сталь, 2005. – 432 с.
- [8] Цыхановський В.К., Прусов Д.Е. Методика моделювання елементів покриттів у взаємодії з неоднорідним фунтовим півпростором // Опір матеріалів та теорія споруд: Наук.-техн. збірник. – Вип. 76. – К.: КНУБА, 2005. – С. 87–98.
- [9] Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Гос. Изд-во лит. по стр-ву, архит. строит. материалам, 1963. – 635 с.
- [10] Флорин В.А. Основы механики грунтов – М.: Госстройиздат. Т. 1, II, 1959, 1961. – 543 с.
- [11] Терцаги К., Пек Р. Механика грунтов в инженерной практике. Госстройиздат, 1958. – 287 с.
- [12] Хилл Р. Математическая теория пластичности. – М.: Гостехтеориздат, 1956.
- [13] Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов – М.: Стройиздат, 1973. – 293 с.
- [14] Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. – М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1977. – 415 с.

Надійшла 19.02.2009 р.

Книжковий огляд

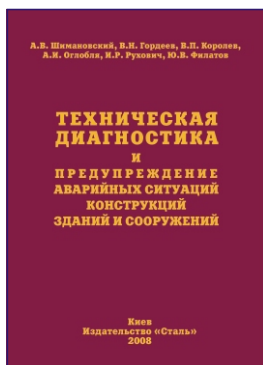
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В монографии, подготовленной авторским коллективом под общей редакцией заслуженного деятеля науки и техники Украины, д.т.н., проф. А.В. Шимановского, изложена концепция обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений. Рассмотрены вопросы законодательного, правового и нормативного регламентирования, паспортизации и мониторинга при переназначении ресурса конструкций. Сформулированы теоретические положения оценки ремонтпригодности, критерии выявления несущей способности стальных конструкций с дефектами и повреждениями, освещены способы повышения их послеремонтной прочности. Показаны преимущества «процессного подхода» при создании и внедрении систем управления качеством на базе стандартов ISO 9001, 9004:2000 для регулирования безопасности.

Приведена методология решения задач выявления резерва несущей способности и оценки предельных состояний эксплуатируемых объектов. Показана реализация мер инженерной защиты конструкций. Приведены примеры расчетов на коррозионную стойкость и долговечность.

Книга предназначена для специалистов в области технической диагностики и технологической безопасности конструкций зданий и сооружений, а также для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистров, студентов технических вузов, слушателей курсов повышения квалификации и руководителей предприятий.

Книгу можно приобрести в Донбасском центре технологической безопасности ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского»: 86123, Донецкая обл., г. Макеевка, ул. Фонтанная, 44. Контактные телефоны: 062-380-28-23; 062-330-31-77



Шимановский А.В., Гордеев В.Н., Королёв В.П., Оглобла А.И., Рухович И.Р., Филатов Ю.В. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений. – К.: Изд-во «Сталь», 2008. – 463 с., рис. 144, табл. 80 ISBN: 966-7589-72-2

УДК 539.3

КРИТИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОСЕВЫХ СЛЕДЯЩИХ НАГРУЗОК

На основе компьютерного моделирования выполнен анализ эффектов появления критических состояний в тонких упругих вращающихся оболочках под действием неконсервативных осевых сжимающих сил. Установлено, что простое вращение оболочки сопровождается ее квазистатическим выпучиванием, тогда как дополнительное приложение неконсервативных осевых сил приводит к неустойчивым упругим колебаниям. Исследования выполнены с применением оболочечных и балочных моделей.

The analysis of effects of critical state emergence in an elastic thin-wall cylindrical rotating shell under action of non-conservative axial compressive force is performed on the basis of computer simulation approach. It is established that simple rotation of the shell is accompanied by its quasi-static buckling whereas additional application of a non-conservative axial force leads to generation of non-steady elastic vibrations. The analysis is performed with the use of appropriate shell and beam models.

Ключевые слова: цилиндрические оболочки, вращение, неконсервативные силы, бифуркация.

Вращающиеся цилиндрические оболочки широко используются в турбинах транспортных и энергетических установок. Основная особенность их динамического поведения заключается в возможности возникновения сложных режимов их колебаний, вызванных действием радиально направленных центробежных сил инерции и осевых следящих нагрузок.

Основными свойствами центробежных сил инерции является то, что они всегда имеют радиальное направление по отношению к оси вращения системы и зависят от упругих радиальных перемещений элемента ротора. Наиболее заметным эффектом, вызванным их действием, является квазистатическое бифуркационное выпучивание вала при достижении некоторого критического значения его угловой скорости вращения [1, 2].

На характер критического состояния ротора влияет также тип действующих на него осевых сил. В зависимости от возможности сохранения или изменения их направления при упругом деформировании оболочки эти силы можно разделить на консервативные и неконсервативные. В теоретической механике силы, которые могут быть найдены из условия сохранения энергии в чисто механическом смысле этого слова, называют консервативными. Их применение в строительной механике и теории упругости связано с основным допущением, что равновесная деформируемая система находится под действием так называемых «мертвых» сил, действующих на основную недеформируемую систему (рис. 1,а). Это допущение, используемое для обоснования общей теории Кирхгофа о единственности, должно быть отброшено в задачах устойчивости. При этом важным является



В.И. Гуляев

заведующий кафедрой высшей математики Национального транспортного университета, заслуженный деятель науки и техники Украины, д.т.н., профессор



И.Л. Соловьев

доцент кафедры высшей математики Национального транспортного университета, к.т.н.

фактор, связанный с сохранением или изменением направления сил при потере устойчивости системы.

Среди нагрузок последнего типа можно выделить класс сил, действующих по направлению касательной к осевой линии на свободном конце деформированного консольного стержня [3].

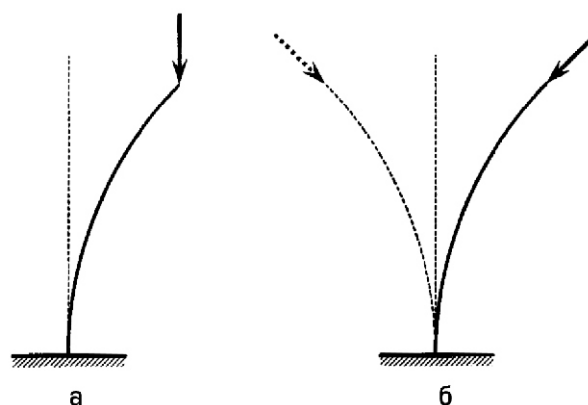


Рис. 1. Нагружение консольного стержня консервативной (а) и неконсервативной (б) продольной силой

Неконсервативные нагрузки такого типа называются следящими (рис. 1,б). В нашем случае следящая нагрузка может быть получена в результате действия аэродинамических сил тяги лопастей на свободном конце вала. Она направлена перпендикулярно плоскости вращения лопастей, т.е. вдоль касательной к упругой линии вала на его конце, и может быть как сжимающей, так и растягивающей.

В работах [1–3] обращено внимание на зависимость характера потери устойчивости стержневых систем от вида осевых сил, показано, что если сила, приложенная к свободному концу консольного стержня, является следящей (см. рис. 1,б), то его потеря устойчивости может быть реализована только в результате перехода в неустойчивое колебательное движение.

Однако, если консольный стержень вращается с угловой скоростью и сжат продольной следящей силой T , то форма его потери устойчивости зависит от соотношения между величинами T и ω .

Аналогичные явления возникают во вращающихся цилиндрических оболочках. Проблема их исследования занимает одно из центральных мест в механике деформируемого твердого тела. Как правило, эти исследования проводятся с использованием концепции статического выпучивания оболочки на основе линеаризованных разрешающих уравнений. Однако развитие турбо- и авиастроения показало, что в ряде случаев классические подходы, основанные на методах статики, оказываются непригодными для решения подобных задач, поскольку на оболочечные конструкции этих систем действуют неконсервативные внешние силы и гироскопические силы инерции и они теряют устойчивость равновесия путем перехода в режимы колебательных движений. Поэтому в данной работе устойчивость равновесия вращающихся оболочек под действием следящих осевых нагрузок анализируется на основе динамического подхода.

Уравнения колебаний тонких вращающихся оболочек. Будем считать, что тонкостенная упругая цилиндрическая оболочка жестко связана с носителем, который вращается с постоянной по модулю угловой скоростью ω вместе с системой координат $Oxuz$ относительно оси симметрии Oz (рис. 2). Введем правые системы координат: $OXYZ$ – инерционная система координат

с началом в центре опорного контура оболочки, ось OZ совпадает с осью Oz . На срединной поверхности оболочки введем ортогональную криволинейную систему координат $Ox^1x^2x^3$, у которой координатная линия x^1 лежит в образующем сечении, x^2 направленная в круговом направлении, x^3 – вдоль направления внутренней нормали к поверхности оболочки.

Уравнения динамического равновесия элемента оболочки, записанные в криволинейной ортогональной системе координат $Ox^1x^2x^3$ с базисными векторами \vec{e} на поверхности, имеют вид [4]

$$\vec{T} - \vec{p} = 0, \quad \vec{M} - (e - \vec{T})\sqrt{a_{11}a_{22}} = 0; \quad (1)$$

где \vec{T} – вектор внутренних сил в оболочке; \vec{M} – вектор внутренних моментов; a_{11}, a_{22} – коэффициенты первой квадратичной формы срединной поверхности; \vec{p} – вектор интенсивности внешней распределенной нагрузки.

Используя соотношение связи между контравариантными компонентами функций внутренних сил T^{ij} и моментов M^{ij} и ковариантными составляющими функций деформации ϵ_{ij} и изменения кривизн κ_{ij}

$$T^{ij} = Eh \left(a^{ij} \epsilon_{ij} + (1 - \nu) a^i a^j \right) / (1 - \nu^2); \quad (2)$$

$$M^{ij} = Eh^3 \left(a^{ij} \kappa_{ij} + (1 - \nu) a^i a^j \right) / 12(1 - \nu^2)$$

и выразив эти функции через ковариантные компоненты u_1, u_2, u_3 вектора перемещений \vec{u} и угла поворота ψ сечения, получим разрешающие уравнения устойчивости.

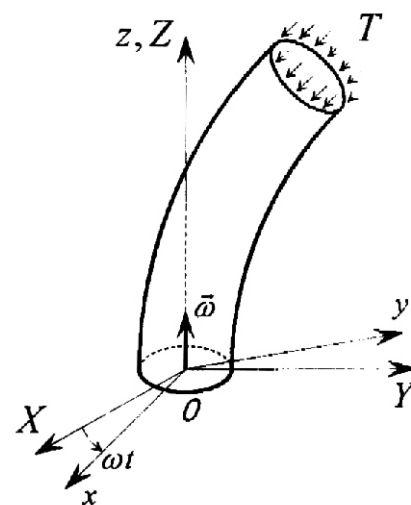


Рис. 2. Нагружение цилиндрической оболочки следящей продольной нагрузкой

В данной работе изучаются критические состояния оболочки, реализуемые по первой гармонике окружной координаты, являющейся наименее энергоемкой. Поэтому будем аппроксимировать искомые переменные базисными функциями $\sin(ct + x^2)$, $\cos(ct + x^2)$ с фазовой координатой $ct + x^2$, где c – частота свободных колебаний [5, 6]. Тогда с учетом этого упрощения из (1), (2) можно получить уравнения свободных колебаний

$$\begin{aligned}
 dT^{(11)}/dx^1 & T^{(12)} \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 11 & 21 \end{pmatrix} T^{(11)} & T_0^{(22)} \\
 b_1^1 T^{(13)} & h \begin{bmatrix} 2 & \\ (1)ra_{11} & c^2 u_{(1)} a_{11} \end{bmatrix} 0; \\
 dT^{(12)}/dx^1 & T^{(22)} \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 12 & 11 \end{pmatrix} T^{(12)} & T_0^{(11)} d^2 u_{(2)}/d(x^1)^2 \\
 b_2^2 T^{(23)} & h \begin{bmatrix} 2 & \\ (2)r/a_{22} & 2 cu_{(3)}/\sqrt{a_{22}} \end{bmatrix} \\
 c^2 u_{(2)}/a_{22} & u_{(2)}/a_{22} \end{bmatrix} 0; \tag{3} \\
 dT^{(13)}/dx^1 & T^{(23)} \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 12 & 11 \end{pmatrix} T^{(13)} & b_{11} T^{(11)} & T_0^{(11)} \\
 b_{(22)} T^{(22)} & T_0^{(22)} & h \begin{bmatrix} 2 & \\ cu_{(2)}/\sqrt{a_{22}} & \\ u_{(3)} & c^2 u_{(3)} \end{bmatrix} 0.
 \end{aligned}$$

Эти соотношения дополняются граничными уравнениями на краях $z = 0$, $z = L$:

$$\begin{aligned}
 u_{(1)}(0) = u_{(2)}(0) = u_{(3)}(0) = 0, \quad \frac{du_{(3)}}{dz} = 0, \quad z = 0 \\
 T^{(11)}(L) = 0, T^{(12)}(L) = 0, M^{(11)}(L) = 0, V^{(13)}(L) = 0. \tag{4}
 \end{aligned}$$

Значения частоты c , при которых однородная система (3), (4) имеет нетривиальное решение, являются собственными, а само решение представляет форму колебаний оболочки.

При этом, как обычно, решение строится в два этапа. На первом этапе рассматривается квазистатическая задача для вращающейся с угловой скоростью оболочки, преднапряженной приложенной к свободному концу равномерно распределенной нагрузкой $T^{(11)}(L) = T = 2r$. В результате ее решения подсчитываются внутренние усилия в оболочке $T_0^{(11)}$, $T_0^{(22)}$, которые затем в качестве коэффициентов используются в линеаризованных уравнениях (3). На втором этапе решается система (3), (4).

Отметим, что свободные колебания, описанные этой системой, имеют вид гармонической волны, бегущей в направлении вращения с угловой скоростью c . Причем, если при $c = 0$ частоты являются кратными, а волны стоячими, то при $c \neq 0$ кратные частоты расщепляются на две и их моды начинают прецессировать в разных направлениях. Отрицательной частоте c отвечает прецессия в направлении вращения оболочки (прямая регулярная прецессия), положительной частоте c – прецессия в противоположном направлении (обратная регулярная прецессия).

Если ставится задача о квазистатической потере устойчивости вращающейся цилиндрической оболочки, то в системе (3) отбрасываются слагаемые, содержащие множители c и c^2 , и далее применяется та же двухэтапная процедура.

Численная реализация решения основана на применении метода начальных параметров и ортогонализации по Годунову [4]. Для этого система дифференциальных уравнений восьмого порядка (3) приводится к системе восьми уравнений первого порядка.

При использовании разработанного подхода вначале при заданных T и путем интегрирования разрешающей системы уравнений методом Рунге-Кутты формируется матрица фундаментальных решений $Y(z)$ на отрезке $0 \leq z \leq L$. Затем путем подстановки в граничные условия найденного с ее помощью решения строится однородная система линейных алгебраических уравнений

$$D\vec{C} = 0 \tag{5}$$

и вычисляется определитель матрицы D . Состояния, в которых эта матрица вырождается, являются особыми, поскольку в них разрешающая система имеет как тривиальное, так и нетривиальные решения. В этом случае собственное значение c представляет собой частоту собственных колебаний.

Исследование бифуркационного выпучивания вращающейся оболочки осуществляется с помощью такого же алгоритма, только в этом случае из системы (3) удаляются слагаемые с коэффициентами c и c^2 и находятся комбинации величин T и c , соответствующие вырождению матрицы D . Методика построения формы потери устойчивости соответствует описанному выше алгоритму построения собственных форм.

Анализ результатов. Для исследований были выбраны цилиндрические оболочки длиной $L = 0,5$ м; $L = 1$ м; $L = 2$ м и $L = 3$ м, с радиусом срединной поверхности $r = 0,05$ м, толщиной $h = 10^{-3}$ м. Материал оболочки – сталь с физическими параметрами: модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$, плотность $\rho = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³.

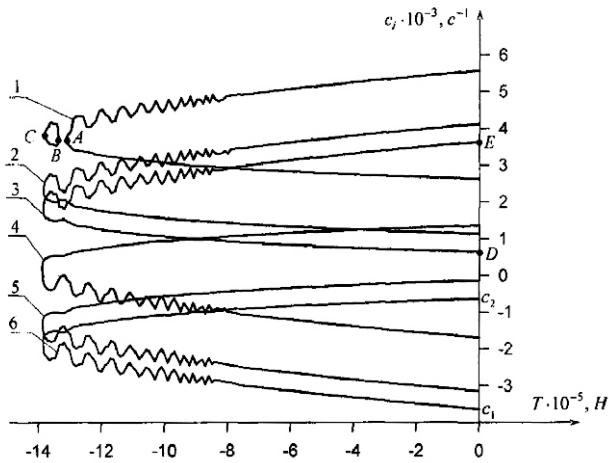


Рис. 3. Частотные кривые для вращающихся цилиндрических оболочек

Вначале с помощью разработанной методики был выполнен анализ квазистатической потери устойчивости оболочки длиной $L = 1$ м и $L = 2$ м при простом вращении.

Сравнительно большое отношение длины оболочки к ее диаметру позволило исследовать ее устойчивость с помощью двух математических моделей – теории оболочек и теории балок.

Сначала рассматривалась статическая устойчивость вращающихся оболочек, предварительно напряженных продольно распределенными следящими силами, которые сжимают или растягивают ее в осевом направлении. Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что найденные для оболочек критические значения угловой скорости оказались несколько меньше соответствующих значений, подсчитанных по теории балок ($L = 1$ м), и немного больше соответствующих значений для случая $L = 2$ м.

Анализ влияния характера действия осевой силы на критические значения угловой скорости позволил установить, что сжимающая следящая сила стабилизирует систему, «мертвая» сила – дестабилизирует.

Отметим также еще один на первый взгляд неожиданный результат. Как оказалось, во всех случаях приложение сжимающей следящей силы ($T < 0$) приводит к большему значению критической угловой скорости, приложение растягивающей силы ($T > 0$) – к обратному эффекту. Таким образом, сжимающая следящая сила стабилизирует квазистатическое равновесие вращающегося стержня, растягивающая – дестабилизирует его. Этот эффект присущ и консольным оболочкам.

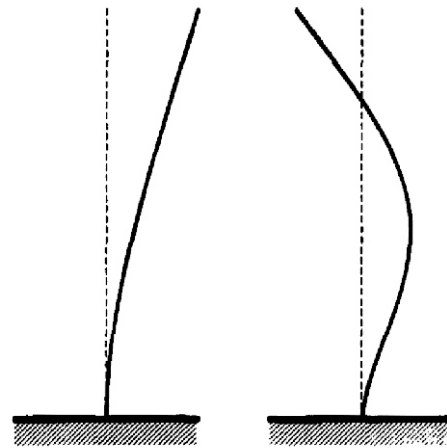


Рис. 4. Формы возбуждаемых колебаний цилиндрической оболочки

Известно [1, 2], что если консольный стержень совершает только вращательное движение и не подвергается действию осевой силы, то с увеличением его угловой скорости может быть реализована только квазистатическая форма потери устойчивости, при которой происходит его эйлерово выпучивание во вращающейся системе координат. В случае, когда стержень подвергается действию только продольной сжимающей следящей силы возможна только динамическая потеря устойчивости, сопровождаемая его переходом в режим колебательных движений [3]. Однако если оба вида возмущений консольного стержня реализуются одновременно, то в зависимости от соотношения между их величинами может быть реализовано как первое, так и второе критические состояния. Чтобы установить какое из них наступит раньше, были решены задачи динамического поведения вращающихся цилиндрических оболочек, сжатых силой T .

На рис. 3 показаны зависимости частот c_1, c_2 от сжимающей осевой силы для цилиндрической оболочки длиной $L = 1$ м для случая вращения с угловыми скоростями $\omega = 0$ (кривые 3, 6); $\omega = 500 \text{ с}^{-1}$ (кривые 2, 5); $\omega = 2000 \text{ с}^{-1}$ (соответственно кривые 1, 4).

Особый интерес представляет кривая 1. Для нее слияние частот c_1 и c_2 происходит в точке «А», затем с увеличением по модулю величины T частотные кривые возникают вновь в точке «В» и опять замыкаются в точке «С».

Формы колебаний меридионального сечения оболочки, соответствующие точкам «D», «E» на кривой 3, представлены на рис. 4.

Расчеты показали, что найденные по теории балок значения следящей силы T , при которых наступает динамическая потеря устойчивости, не зависят от величины ω . В то же время эти значения следящей силы T , подсчитанные на основе теории цилиндрических оболочек, отличаются, хотя и незначительно, друг от друга.

Поэтому можно отметить, что применение теории оболочек для расчета трубчатых стержней позволяет несколько уточнить критические значения T . Так, при применении модели теории балок критическое значение продольной силы составило $T_{кр} = 1,65 \cdot 10^6$ Н, для модели теории оболочек оно оказалось равным $T_{кр} = 1,40 \cdot 10^6$ Н.

- [1] Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. – М: Наука, 1967. – 237 с.
- [2] Циглер Г. Основы теории устойчивости конструкций. – М: Мир, 1971. – С. 192.
- [3] Болотин В.В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. – М: Физматгиз, 1961. – 339 с.
- [4] Гуляев В.И., Гром А.А., Снежко Н.А. Прецессионные колебания конических оболочек при сложном вращении // Изв. РАН. МТТ. – 1999. – № 2. – С. 156–163.
- [5] Gulyayev V.I., Solovjov I.L., Lugovyy P.Z. Analysis of precession vibrations of thin-wall elastic shells in compound rotation // J. Sound Vibration. – 2001. – 246, No. 3. – P. 491–504.
- [6] Gulyayev V.I., Solovjov I.L., Belova M.A. Interconnection of critical states of parabolic shells in simple and compound rotations with values of their natural precession vibration frequencies // Int. J. of Solids and Structures. – 2004. – 41, No. 13. – P. 3565–3583.

Надійшла 09.11.2007 р.

УДК 624.014

«КОНСЕРВАЦИЯ» ТРЕЩИН КАК СПОСОБ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Рассматривается проблема возможности повышения предела выносливости стальных конструкций при цикловом нагружении методом «замораживания» трещин с использованием углепластиковых накладок.

The problem concerns a possibility to raise the fatigue limit of steel constructions during the cycle-order load application by means of the crack «freezing» method assisted with the black-reinforced plastic straps.

Ключевые слова: концентрация напряжений, трещины, релаксация, углепластик, «консервация», предел выносливости.

Известно, что для элементов металлических конструкций, содержащих трещину, величина предела выносливости зависит от длительности периода роста длины трещины до критической. Это означает, что конструкция, способная работать при определенной величине расчетного сопротивления, при достижении трещиной критической длины через короткий период времени может получить недопустимые деформации или вообще разрушиться.

В механике разрушения твердых тел проблемы, связанные с ростом трещин, рассмотрены достаточно подробно и основательно проработаны в нескольких принципиально отличающихся моделях [1], [2]:

- хрупкого разрушения (на базе энергетического или силового подхода);
- упругопластического разрушения;



В.В. Стоянов
заведующий кафедрой конструкций из металла, дерева и пластмасс ОГАСА, д.т.н., профессор

- разрушения с учетом свойств пластичности и ползучести материалов.

Все перечисленные модели позволяют определить критическую длину трещины, когда она сверхбыстро самостоятельно (неуправляемо) растет, вызывая критическую концентрацию напряжений и разрушение конструкции. Управлять развитием трещины пока мы не умеем, а вот «консервировать» трещины, наверное,

возможно. Одним из перспективных направлений может стать использование новых материалов на базе нанотехнологий, с помощью которых можно было бы укреплять трещины. Пока этого нет, но есть другой реальный метод «консервации». Для его применения требуется знание некоторых вопросов теории разрушения материалов.

Общие подходы решения представим на модели хрупкого разрушения с позиции энергетического баланса. Рассмотрим существующие известные ограничения по критической длине трещины и величины концентратора напряжений, используя указанную модель – одну из самых простых моделей механики разрушения, а в качестве инструмента решения выберем энергетический подход.

В этом случае принимается условие, что рост трещины должен быть процессом обязательно выгодным, при этом определенная часть материала от берегов трещины в глубь его релаксирует, а упругая энергия переходит в поверхностную.

Именно такой подход был использован проф. С. Инглисом [3] для определения концентрации напряжения (K) в виде формулы

$$K = 1 + 2\sqrt{\frac{l}{r}}, \quad (1)$$

где l – полудлина трещины; r – радиус кривизны кончика трещины.

Аналогичный результат при исследованиях прочности пластмасс был получен самостоятельно Я. Немцем [4].

В некоторых источниках [2], [6] формула (1) приводится без корня, что возможно только для круглых отверстий, где размеры полудлины трещины и его радиус одинаковы. В других случаях следует руководствоваться выражением (1).

Заметим, что в некоторых современных публикациях автором формулы (1) указывают А. Гриффитса (напр. стр. 10 [2]). Но его заслуга в другом – он блестяще использовал формулу (1), впервые обосновав на ее базе физику развития трещины: в начальной стадии развития она растет, поглощая энергию (причем, линейно вместе с длиной трещины), а за границей критической полудлины ($l_{кр}$) – выделяет энергию из системы (но уже пропорционально квадрату полудлины l^2) [5].

Выражение (1), безусловно, важно, так как указывает на ключевую роль размера радиуса вершины трещины в росте концентрации напряжений. Вместе с тем, важно получить выражение, позволяющее определить критическую длину трещины и критические напряжения ($\sigma_{кр}$) на базе известных линейных, прочностных и жесткостных параметров. Обратимся для этого к одному из упомянутых выше методов – хрупкого разрушения [2].

В области релаксации (рис. 1) величины деформаций и напряжений уменьшаются при одновременном освобождении упругой энергии. Для образования двух новых поверхностей (по Гриффитсу), ограниченных берегами трещин, требуются энергетические затраты

$$G = 2l \gamma, \quad (2)$$

где G – поверхностная энергия; γ – удельная плотность поверхности энергии.

Энергия упругой деформации в единице объема определяется как половина произведения напряжений (σ) и относительных деформаций (ϵ). Площадь области релаксации может быть принята в виде площади квадрата (l^2) или круга (πl^2). Принимаем площадь релаксации l^2 и запишем

$$U = \frac{1}{2} \sigma^2 l^2 / E \quad (3)$$

или, используя закон Гука, получим

$$U = \frac{1}{2} \epsilon^2 l^2 (2E). \quad (4)$$

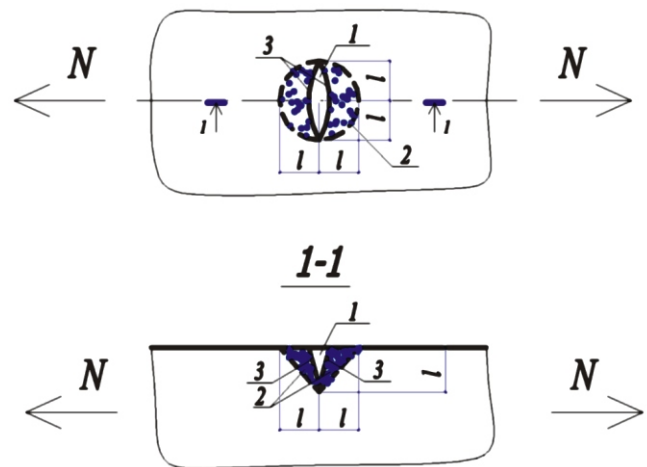


Рис. 1. Схема расположения области релаксации вокруг трещины:
1 – трещина; 2 – область релаксации; 3 – берега трещины

Из сравнения выражений (2) и (4) следует, что количество энергии, необходимой для образования новых поверхностей трещины, пропорционально первой степени длины (l), в то время как количество энергии, освобожденной при росте трещины, пропорционально квадрату длины (l^2) трещины. Это свидетельствует о том, что при заданных напряжениях (σ) существует критическая длина трещины ($l_{кр}$), определяющая максимум общей энергии тела и определяется она как разность величин поверхностей энергии (2) и энергии упругой деформации (4):

$$W = 2l \sigma^2 l^2 / (2E). \quad (5)$$

Максимум W находим из условия

$$dW/(dl) = 0. \quad (6)$$

Дифференцируя (5) по длине трещины l , получим выражение для определения критической полудлины трещины ($l_{кр}$):

$$l_{кр} = 2E / (\sigma^2). \quad (7)$$

Из (7) следует выражение для критических напряжений

$$\sigma_{кр} = \sqrt{2E / (l)}. \quad (8)$$

Установить возможные величины критической длины трещины ($l_{кр}$) и критических напряжений ($\sigma_{кр}$) возле вершины трещины необходимо для проектирования конструктивных мероприятий по «консервации» трещин. Выражение типа (7) и (8) можно получить для других различных типов разрушений, используя соответствующие методы механики разрушения [1], [2], [6]. «Консервацию» трещин можно выполнять на любом этапе развития трещины, в т.ч. на начальном этапе изготовления конструкции или в процессе эксплуатации задолго до достижения критических величин $l_{кр}$ и $\sigma_{кр}$.

Идея «консервации» трещины состоит в использовании конструктивных мероприятий, обеспечивающих неизменные габариты трещины в наиболее ответственном месте усиливаемой конструкции при проектной нагрузке и заданном периоде ее работы.

Рост трещины сопряжен с обязательным расширением ее устья, т.е. развитием берегов. Очевидно, что постановка связей между берегами трещины лишит ее возможности развиваться, т.е. образовывать новые поверхности и, следовательно, рост трещин прекратится или в худшем случае – замедлится. Самое простое конструктивное решение – это установить нак-

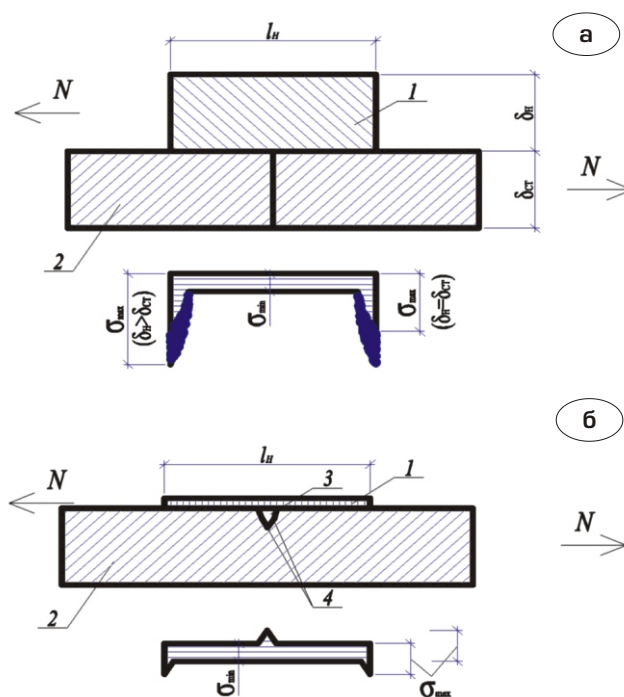


Рис. 2. Схема распределения напряжений в накладке:

а – при $b_n > \sigma_{ст}$; б – при $b_n \leq 1/20 \sigma_{ст}$; 1 – накладки; 2 – стенка; 3 – трещина; 4 – берега трещины

ладки (рис. 2), размеры которых определяются исходя из значений величины $l_{кр}$ и $\sigma_{кр}$.

Длина накладки (l_n) принимается из расчета обеспечения необходимой площади для работы клеевого шва на скалывание. При этом площадь поверхности возможной релаксации материала (l^2) не учитывается. Ширина накладки устанавливается из условия закрытия $2l_{кр}$ с расширением от вершины трещины на $2\sigma_{ст}$ с целью выравнивания возможных концентраций напряжений:

$$l_n = 2(l_{ск} - l_{кр}); \quad (9)$$

$$b_n = 2l_{кр} + 4\sigma_{ст}. \quad (10)$$

При выборе толщины накладки (b_n) следует руководствоваться следующим регламентом. Известно, что при равнотолщинности накладки (b_n) и стенки ($\sigma_{ст}$) укрепляемой конструкции на концах накладки во много раз возрастают напряжения. В случае, если $b_n > \sigma_{ст}$ концентрация напряжения увеличивается значительно больше, чем при $b_n = \sigma_{ст}$. Появляется необходимость уменьшения толщины накладки ($b_n < \sigma_{ст}$). При этом регламентом для оптимального выбора толщины является условие, когда временный предел прочности ($\sigma_{п.у.}$) материала накладки на порядок выше аналогичного показателя метал-

ла стенки, т.е. $\frac{h}{l_{п.у.}} = 10 \frac{m}{п.у.}$, а модуль упругости материала накладки должен быть по величине не менее модуля упругости металла, т.е. $E_n \geq E_{ст}$. Окончательно накладки выбираются из условия $\frac{h}{l_{п.у.}} \geq 1/20 \frac{m}{ст}$, что ограничивает деформации накладки (ϵ_n) величиной менее 0,01 мм ($\epsilon_n < 0,01$ мм) и, тем самым, исключается расширение устья трещины и передвижение берегов.

Материалом для накладки в соответствии с обозначенными требованиями может быть углепластик, обладающий временным пределом прочности $\sigma_{пч} = 3,5 \cdot 10^3$ МПа и модулем упругости $2,3 - 3,0 \cdot 10^5$ МПа [9].

Процессу устройства накладки должен предшествовать анализ работы конструктивного элемента на базе опытных и расчетных данных с целью выявления наиболее проблемных мест, где возможна опасная концентрация напряжений и появление трещин. Затем определяются габариты накладки – l_n, b_n, h_n . Углепластиковая накладка формируется из углеродных холстов типа Sika Wrap толщиной каждый 0,13 мм на базе клея Sikadur 330 [9]. Такой же клей используется для крепления накладки к стенке.

Углепластик, многослойный композиционный материал, обладает многими уникальными физико-механическими характеристиками, в т.ч. по продолжительности работы в условиях цикловой нагрузки. Так, для стали предел выносли-

вости составляет $2 \cdot 10^6$ циклов нагружений, а в случае, когда циклическое напряжение превышает предел текучести, разрушение может произойти раньше – при числе циклов порядка нескольких тысяч [10]. Углепластик по сравнению со сталью способен выдержать в два раза больше циклов нагружений без видимых признаков усталости. В этой связи, для целого ряда металлических конструкций (составные подкрановые балки, резервуары различного типа и др.) появляется возможность повысить усталостную прочность, используя углепластик [8], [11]. Для этого, например, в составных подкрановых балках в местах стыка стенки с полками и ребрами жесткости устанавливаются многослойные углепластиковые накладки.

На кафедре конструкций из металла, дерева и пластмасс ОГАСА изучаются проблемы увеличения предела выносливости для стали, усиленной углепластиком. Предварительные экспериментальные исследования подтверждают теоретические предпосылки. После завершения испытаний лабораторных образцов и серии моделей составных балок, усиленных определенным образом углепластиком, появится возможность сделать окончательную оценку предлагаемого метода «замораживания» трещин и рекомендовать его в практику.

[1] Седов Л.И. Механика сплошной среды – М.: Наука, 1976. – 573 с.
 [2] Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей. – М.: Высшая школа, 1991. – 285 с.
 [3] Inglis C.E. Transaction Institute Naval Archctects, v. 60, 1913.
 [4] Я. Немец и др. Прочность пластмасс – М.: Машиностроение, 1990.
 [5] Greffcth A.A. The Phenomena of Rupture and Flow in Solids Philosophical transations of the Royal Society. London. ser. A v.221, № 587, 1921.
 [6] Яременко А.Ф., Балдук П.Г. Механика материалов и конструкций. – Одесса: ВРС, 2001. – 243 с.
 [7] Стоянов В.В. Новые подходы в управлении несущей способности конструкций // Сб. «Совр. стр. констр.». – Одесса: ВРС, 2001. – С. 164–167.

[8] Стоянов В.В. Проблемы обеспечения несущей способности строительных металлических конструкций в полном объеме срока эксплуатации // Сб. VII Украинской НТК «Металлические конструкции». – К.: Сталь, 286–292 с.
 [9] Strengthenig of structures with CFRP strips. Sika Carbo Dur Convention, okt/nov, 1997.
 [10] Горев В.В. Металлические конструкции т. 1., М.: «ВЛШ», 2002. – 541 с.
 [11] Стоянов В.В. Металлические резервуары – некоторые проблемы проектирования и реконструкции // Металлические конструкции. – Д., УАМК, 2007. – С. 45–49.

Надійшла 05.08.2008 р. 

УДК 669.162.2

К ПОСТРОЕНИЮ УТОЧНЕННОГО МЕТОДА РАСЧЕТА КОЖУХОВ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

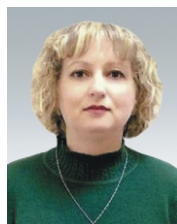
Рассматривается уточненный метод расчета кожухов доменных печей. Описывается построение адекватных геометрических моделей кожухов и их расчетных схем. Кожух при этом рассматривается как стальная безмоментная тонкостенная оболочка.

The approaches for consideration of geometry used for blast-furnace jacket in elaboration of adequate design diagram of more refined method aimed at analysis of blast-furnace jacket are under review. In so doing this jacket is considered as steel momentless thin-walled shell.

Ключевые слова: доменная печь, лещадь, горн, колошник, нагрузки и воздействия

Доменная печь представляет собой технологический агрегат для выплавки чугуна и одновременно сложную строительную конструкцию. Основной конструктивной частью доменной печи является стальной кожух, внутри которого проходит технологический процесс. Кожух воспринимает разнохарактерные эксплуатационные нагрузки и воздействия, обеспечивая пространственную устойчивость центрального узла доменной печи и поддерживая технологическое оборудование. Напряженно-деформированное состояние (НДС) кожуха связано не только с его работой как строительной конструкции, но зависит от хода доменного процесса, работы оборудования, взаимодействия строительных и технологических факторов, определяющих характер и величину широкого спектра специфических, трудно формализуемых нагрузок и воздействий.

Характерной особенностью процесса доменной плавки является его непрерывность, при котором возникает комплекс воспринимаемых кожухом стационарных нагрузок и воздействий. Однако реальный доменный процесс, несмотря на его действительную непрерывность, имеет весьма нестабильный характер, приводящий к нестационарному характеру нагрузок как по величине, так и по зоне воздействия. Нестабильность технологического процесса связана, с одной стороны, с непрерывностью доменной плавки и, с другой стороны, с периодичностью загрузки печи и выпуска жидких продуктов плавки. Это обстоятельство в значительной степени влияет на газодинамические и тепловые процессы внутри печи, изменяя нагрузки и воздействия по величине и месту возникновения. Среди других причин, нарушающих стационарный характер нагрузок и воздействий, можно отметить остановку печи на ремонт; изменение видов выплавляемого чугуна, что приводит к существенным изменениям теплового и газодинамического режимов печи; технологические отклонения, вызывающие неполадки в работе печи (канальный ход газов, ускоренный разгар футеровки, прогар холодильников и т.д.).



Е.С. Иосилевич
главный инженер проекта
Днепропетровского
ПИ «Промспецпроект»

Аналогичная картина наблюдается и с основными видами действующих на кожух печи эксплуатационными нагрузками: внутреннее давление газовой среды, термическое расширение огнеупорной кладки и холодильников, а также вес шихтовых материалов и продуктов плавки. Кроме того, можно отметить следующее:

- при непрерывном технологическом процессе внутреннее давление газовой среды, достигающее под колошником современных печей до 0,2–0,25 МПа, является изменяющейся циклической нагрузкой, параметры цикла которой зависят от работы турбовоздуходувных машин, воздухонагревателей, трактов холодного и горячего дутья, фурменных приборов. Давление также связано с режимом работы печи и выпуска продуктов плавки и может изменяться в широком диапазоне – от максимального расчетного до полного сброса при переводе печи на «тихий ход»;
- термическое расширение футеровки и холодильников создает давление до 1,0–1,5 МПа, достигает максимальных величин в районе лещади, горна и фурменных приборов и распределяется неравномерно по высоте и периметру печи;
- механическое воздействие на кожух печи шихтовых материалов и продуктов плавки носит квазистатический характер, действует при эксплуатации печи и практически постоянно по величине. Однако при возникновении нештатных ситуаций (например, обрыв шихты после подвисяния) указанная нагрузка имеет ярко выраженный динамический характер.

В период возведения и ремонта в кожухе печи возникают значительные усилия, связанные с работой монтажной балки и других монтажных приспособлений, носящие локальный характер и приводящие к местным перенапряжениям оболочки кожуха. Это особенно ярко проявляется в конструкциях печи без колошниковой копра с опиранием монтажной балки непосредственно на вертикальные газоходы грязного доменного газа и далее на купол печи. Большое влияние на оболочку кожуха доменной печи оказывают нагрузки, возникающие в процессе его испытания внутренним давлением после возведения. Таким образом, действующие на кожух печи нагрузки и воздействия по своей природе являются величинами нестабильными, имеют сложный характер, зависят от хода технологического процесса и многих других изменяющихся во времени факторов. Точное определение их практически невозможно, и при оценке НДС кожуха печи они могут быть рассмотрены только в идеализированном виде.

На НДС кожуха доменной печи, представляющего собой комбинированную неоднородную многослойную оболочку, также влияют воздействия от составляющих его конструктивных элементов (футеровка, холодильные плиты, компенсационный слой), которые при работе печи находятся в постоянном силовом взаимодействии. При этом каждый из конструктивных элементов имеет свое конкретное функциональное назначение:

- кожух, обеспечивая герметичность внутреннего объема печи, воспринимает все виды нагрузок (в т.ч. от температурного распора огнеупорной кладки) и создает в ней сжимающие реактивные усилия, предотвращая преждевременное растрескивание и разрушение;
- футеровка, уменьшая тепловые потери печи и защищая металлоконструкции кожуха от воздействия высоких температур, создает одну из основных нагрузок

на кожух, вызванную ее температурным вертикальным ростом и радиальным расширением;

- холодильные плиты, снижая температурные воздействия на кожух вследствие охлаждения футеровки, препятствуют либо преждевременному ее разгару, либо обеспечивают образование устойчивого гарнисажа;
- компенсационный слой, обеспечивая необходимую свободу температурным перемещениям футеровки и предотвращая возникновение опасных трещин, снижает передаваемые на кожух воздействия.

Таким образом, НДС кожуха доменной печи определяется не только условиями ее эксплуатации и многообразием действующих технологических факторов, в значительной степени влияющих на деформирование конструктивных элементов, но также их комплексной совместной работой.

Каждая зона печи (см. рисунок), обеспечивая определенный этап технологического процесса, имеет свои характерные особенности в части создания, формирования и приложения действующих на кожух печи нагрузок и воздействий.

Кожух лещади. В начале кампании печи, когда верхние ряды кладки еще не разрушились и не всплыли, наиболее высокие напряжения в кожухе отмечаются в верхней наиболее разогретой зоне лещади. По мере разрушения рядов кладки зона высоких температур опускается в сохранившиеся слои массива. При этом температурный распор в верхней части уменьшается с одновременным его увеличением в нижней части лещади. Учитывая такие изменяющиеся по мере разрушения кладки условия работы металлоконструкций, а также то, что любая трещина в кожухе лещади может стать причиной начала разрушения и местом прорыва расплавленного чугуна, требования по обеспечению прочности и герметичности кожуха этой части печи должны

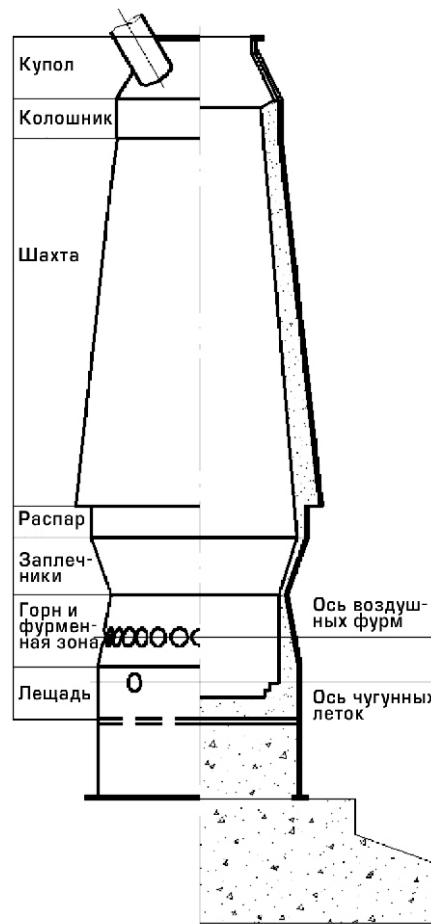


Схема кожуха печи

соблюдаться особенно тщательно по всей ее высоте. Следует отметить, что эффективным способом регулировки усилий в лещади и напряжений в кожухе является выбор конструктивной формы кладки массива лещади и ее сопряжения с кладкой стен, а также подбор величины кольцевых зазоров, соответствующих температурному радиальному расширению массива.

Кожух горна – один из наиболее ответственных конструктивов печи, условия работы которого определяются следующими факторами:

- коническая форма кожуха в фурменной зоне создает дополнительные клинообразные усилия вследствие вертикального расширения кладки помимо радиальных усилий от ее температурного расширения;
- устройство кладки в зоне чугунных леток без компенсационного зазора увеличивает радиальные усилия от ее температурного расширения;
- тяжелый температурный режим околелеточной зоны в период выпуска чугуна приводит к образованию перегретого участка (теплового пятна), в пределах которого металл кожуха работает за пределом упругости;
- большое количество технологических отверстий (воздушные фурмы, чугунные и шлаковые летки) ослабляет сечение кожуха и создает очаги концентрации напряжений;
- излом кожуха при изменении его геометрии от цилиндра к конусу приводит к повышению величин напряжений в результате краевого эффекта.

Кожух заплечников – вследствие своей формы (опрокинутый конус) и небольшой толщины кладки воспринимает относительно небольшие усилия распара при значительном влиянии высокотемпературных воздействий (близость фурменной зоны) и краевого эффекта.

Кожух распара – излом кожуха при переходе от конической оболочки кожуха горна к цилиндрической оболочке кожуха распара, а также при переходе от цилиндрической оболочки кожуха распара к конической оболочке кожуха шахты вызывает появление краевого эффекта.

Кожух шахты – большое количество технологических отверстий (для пропуска трубок под болты крепления холодильных плит) ослабляет сечение кожуха и создает очаги концентрации напряжений; вертикальный рост кладки при недостаточной упругости устраиваемого под холодильными плитами компенсационного слоя

приводит к выворачиванию их амбразур и созданию дополнительных местных напряжений; ступенчатое очертание кладки вызывает неравномерное давление на кожух; излом его оболочки при переходе от цилиндрической оболочки кожуха распара и колошника к конической оболочке кожуха шахты вызывает возникновение краевого эффекта.

Кожух колошника – близость зон краевого эффекта в местах излома кожуха приводит к повышению величин напряжений.

Кожух купола – большое количество технологических отверстий (особенно при установке безконусного загрузочного устройства фирмы PAUL WURTH) ослабляет сечение кожуха и создает очаги концентрации напряжений; близость зон краевого эффекта в местах излома кожуха, а также опирание на кожух различного оборудования и газоходов грязного доменного газа, передающих на оболочку кроме вертикальной нагрузки значительные изгибающие моменты, повышают величины напряжений.

С учетом приведенного можно сделать вывод, что столь неоднородная конструктивная форма кожуха печи и реализуемый в ней сложный вероятностный, термодинамический и механический технологический процесс выплавки чугуна порождают широкий спектр зависящих от временного параметра нагрузок и воздействий, которые не могут быть точно учтены при проведении расчетов НДС кожуха. Получение достоверных оценок прочности, надежности, долговечности и безопасности кожуха печи в значительной степени зависит не только от адекватной реализации его расчетной схемы, но и от правильной идеализации и количественного описания действующих нагрузок и воздействий. Поэтому при расчете и проектировании кожухов доменных печей необходимо учитывать следующие предпосылки и допущения.

Построение расчетной модели:

- кожух рассматривается как стальная безмоментная тонкостенная оболочка;
- доменная печь по высоте разбивается на одинаковые по конфигурации и конструкции футеровки участки, в каждом из которых рассчитываются только два сечения – верхнее и нижнее;
- толщины и радиусы слоев в расчетных сечениях отсчитываются по нормали к образующей кожуха;

- рассматриваются два расчетных состояния футеровки (целая и выгоревшая), при этом во втором случае кожух работает совместно с холодильниками, а силовое влияние гарнисажа не учитывается;
- ослабление отверстиями для фурм условно не учитывается и компенсируется местным увеличением толщины кожуха на 20 % по сравнению с полученной по расчету, а ширина усиления принимается равной не менее двух диаметров отверстия;
- слои футеровки работают только на сжатие, а зоны с растягивающими напряжениями из дальнейшего рассмотрения исключаются;
- компенсационные слои воспринимают только радиальные сжимающие напряжения, причем зависимость «напряжение–деформация» принимается нелинейной и определяется зависящими от напряжений коэффициентами податливости.

Описание нагрузок и воздействий:

- нагрузки и воздействия от внутреннего давления газов, шихты, жидких продуктов плавки и температуры предполагаются осесимметричными;
- давление на слои определяется путем решения системы линейных алгебраических уравнений, учитывающей совместную деформацию слоев;
- температура внутри печи по ее высоте распределяется согласно заданному закону, а в расчетных сечениях – по линейной интерполяции;
- температура по толщине футеровки изменяется по линейному закону;
- температура холодильников зависит от их типа и состояния футеровки;
- напряжения от внешних нагрузок не учитываются.

Представление физико-механических констант:

- модуль упругости и коэффициенты линейного расширения, Пуассона и теплопроводности кожуха в диапазоне рабочих температур принимаются постоянными;
- модуль упругости и коэффициенты линейного расширения и теплопроводности футеровки являются функциями температуры, а коэффициент Пуассона футеровки принимается равным нулю.

Построение алгоритма расчета:

- в местах изломов кожуха и футеровки производится проверка влияния краевого эффекта путем выполнения дополнительного расчета;

- купол доменной печи и прилегающая к нему часть кожуха колошника рассчитываются только на внутреннее давление с учетом краевого эффекта; при отсутствии копра и передаче на купол через газоходы грязного доменного газа дополнительных нагрузок от оборудования, колошниковое устройство и веса монтажной балки выполняется дополнительный расчет с учетом ослабления сечения отверстиями для газоходов.

Следует также отметить большое влияние технологического процесса и установленного оборудования на НДС кожуха печи и методику расчета, которые могут не только существенно сказаться на уровне его НДС, но даже изменить саму зону кожуха. Одним из таких примеров может служить широкое использование как при новом строительстве, так и при реконструкции существующих доменных печей новой системы загрузки печи с применением безконусного загрузочного устройства фирмы PAUL WURTH. Во-первых, установка такого загрузочного устройства требует устройства в куполе печи проема значительной площади, необходимого для смены лотка. Во-вторых, печи такой конструкции часто выполняются без установки колошниково-го копра с опиранием накопительных бункеров загрузочного устройства непосредственно на кожух купола печи, а монтажной балки и площадок колошниково-го устройства – на газоходы грязного доменного газа, что приводит к значительному увеличению усилий. В-третьих, наличие большого проема в куполе и его использование в качестве опорной конструкции для различного технологического оборудования приводит не только к существенному изменению НДС купола, но и к изменению его роли в обеспечении прочности кожуха печи в целом.

Выводы. Использование рассмотренных подходов учета геометрии кожуха доменной печи при построении адекватной расчетной схемы, правильной идеализации и количественного описания действующих нагрузок и воздействий (в т.ч. от устанавливаемого нового оборудования), представлении физико-механических констант и построении алгоритма расчета позволяет уточнить существующий метод расчета кожуха доменной печи.

Надійшла 16.10.2007 р.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КРЕПЛЕНИЯ РЕЛЬСА

Актуальность проблемы повышения эксплуатационной надежности подкрановых конструкций объясняется, прежде всего, тем, что из всех конструктивных элементов промышленных зданий: мартеновских (где они еще сохранились), конвертерных, электросталеплавильных, прокатных цехов наиболее нагруженными, ответственными и «уязвимыми» являются подкрановые балки и особенно те, которые подвержены воздействию кранов тяжелого (7к) и весьма тяжелого (8к) режимов работ.

Как показывают многолетние наблюдения и исследования подкрановых конструкций, в особенности в зонах, где верхний пояс балки сопрягается с её стенкой с помощью сварного шва, разрушение подкрановых балок происходит спустя 3–5 лет (а иногда и раньше) с момента их ввода в эксплуатацию, а подкрановый рельс и крепежные детали приходится менять через 2–3 года.

Специалисты многие годы ищут наиболее оптимальное и надежное конструктивное решение узла сопряжения верхнего пояса со стенкой. Это относится к выполнению сварного шва с полным проваром на всю толщину стенки балки, обеспечению плавного перехода от шва к основному металлу, выполнению физического контроля швов и др. Но, несмотря на принимаемые меры, происходит разрушение поясных швов и основного металла в околошовной зоне (рис. 1). Устранение указанных повреждений практически не дает результатов, и вскоре процесс повторяется.

Детальные исследования, проведенные институтом «Днепрпроектстальконструкция», показали следующее: мостовые краны тяжелого и весьма тяжелого режимов работ вызывают в верхней зоне подкрановой балки сложное напряженное состояние. В зоне сопряжения стенки балки с верхним поясом в сочетании с общими изгибными (нормальными) и касательными напряжениями действуют значительные напряжения сжатия в стенке и в поясных швах от местного давления колеса крана и, что очень существенно, изгибные напряжения от кручения (из плоскости стенки), возникающие вследствие горизонтальных поперечных сил, дейст-



А.А. Тарнопольский
главный инженер ОАО «ПИ
«Днепрпроектстальконструкция»,
профессор



В.Г. Литвяк
заместитель директора
ГП «Укрग्रипромез»

вующих в уровне головки рельса (силы торможения тележки крана), и от боковых сил, передаваемых колесами крана от его перекоса из-за неровности подкранового пути в плане, а также из-за смещения оси рельса относительно оси стенки балки. Местное давление и боковые воздействия имеют переменный и знакопеременный характер. Такое неблагоприятное сочетание приводит к накоплению циклов нагружения (и соответственно напряжений) и усталостных повреждений в виде трещин, а в конечном итоге – к разрушению.

Одна из причин разрушения – наличие дефектов (в т.ч. и конструктивных) в системе жесткого крепления подкранового рельса к балке с помощью традиционных подкладок и прижимных планок на сквозных болтах (рис. 2). Особенностью конструктивной формы рельса КР является выпуклая подошва (что соответствует ГОСТу), которой рельс опирается непосредственно на верхний пояс подкрановой балки. Это из-за неидеального жесткого крепления приводит к «перекатыванию» рельса при воздействии горизонтальных сил. При этом смещается ось рельса относительно оси стенки балки, что создает крутящий момент, негативно сказывающийся на поясных сварных швах и дополнительных напряжениях в стенке балки и в стяжных болтах. Наблюдаются трещины в верхнем поясе балки, идущие через отверстия под болты (рис. 3). Натурные наблюдения также показали, что рельс перемещается вдоль подкранового пути и выпуклая подошва рельса

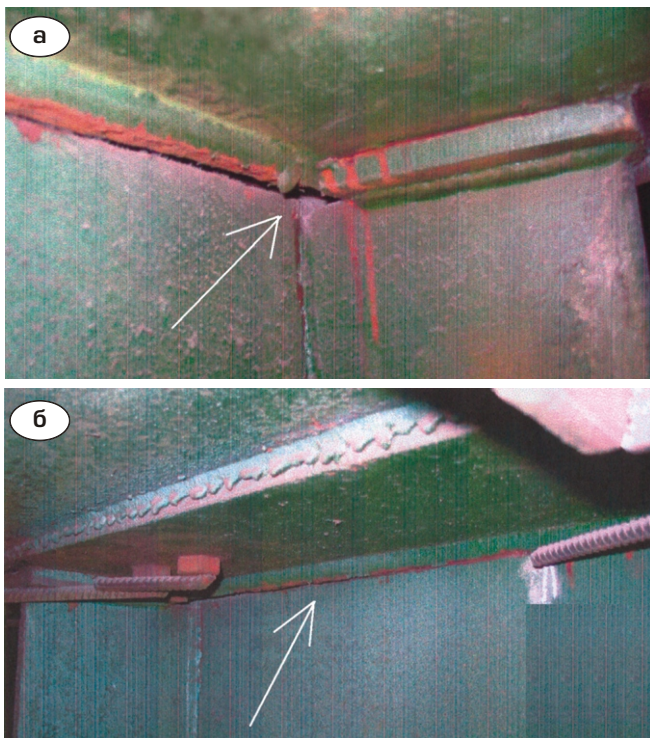


Рис. 1. Верхний поясной шов:

а, б – разрушения сварного шва и околошовной зоны соответственно

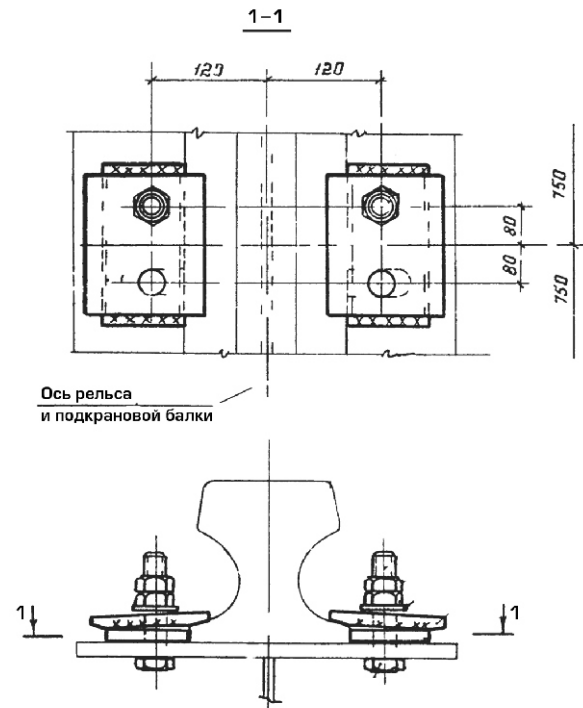


Рис. 2. Жесткое традиционное крепление рельса



Рис. 3. Поперечная трещина в верхнем поясе балки



Рис. 4. Трещины в верхнем поясе балки

образует «выработку» в середине верхнего поясного листа, создает концентраторы напряжений и снижает усталостную прочность. «Выработка» в поясном листе иногда достигает катастрофических размеров и часто сопровождается полным разрушением поясного листа (рис. 4). Негативно и то, что подкрановый рельс опирается непосредственно на пояс балки, который имеет неровности по длине балки, т.е. отсутствует плоское плотное прилегание подошвы рельса к поясному листу. Такие неровности вызывают неравномерный характер вертикального воздействия, передаваемого колесами кранов,

что сказывается на величине давления и на его неравномерном характере. В конечном счете накапливаются усталостные повреждения.

Поиски решения проблемы надежной конструкции крепления подкранового рельса привели к тому, что в последнее время, особенно на Западе и частично на промышленных объектах России (Челябинский металлургический завод «Мечел», Самарский металлургический завод «Северсталь», Оскольский металлургический завод и др.), получил широкое внедрение новый тип крепления рельса фирмы «Gantrex», существенно отличающийся от существующих

отечественных. В западноевропейских странах проблема долговечности подкрановых конструкций решается комплексно. Рассматривается система кран – крановый рельс с креплениями – подкрановая балка. Если сравнить краны режима 7к (тяжелый режим) одинаковой грузоподъемности, то окажется, что масса изготовленных в Германии кранов значительно меньше, база их больше, количество ходовых колес на одной стороне больше и, соответственно, давление на рельс меньше.

Подкрановые рельсы КР также отличаются от отечественных. Германские рельсы А120 имеют головку шириной 120 мм, высоту 105 мм, ширину подошвы 220 мм, соответственно размеры отечественного рельса 120, 170 и 170 мм. При этом вес 1 п.м рельса А120 на 18 % меньше. Все это в сочетании с эластичным креплением рельсов создает благоприятные условия для работы верхнего пояса подкрановой балки.

Важно подчеркнуть, что рельс монтируется на эластичную прокладку, устанавливаемую между подошвой рельса и верхним поясом балки. Прокладки изготавливаются в виде профилированной ленты из синтетического эластомера со стальным армированием и имеют вогнутую поверхность (рис. 5), что в условиях выпуклой подошвы рельса КР создает оптимальное прилегание и благоприятные условия для эксплуатационной надежности. Прочность на сжатие прокладок достигает 400:600KN давления ходового колеса. Прокладки распределяют местное давление колеса на большей поверхности, снижают при этом его величину, центрируют нагрузки от колеса крана, компенсируют неровности контактной поверхности, снижают динамическое воздействие и вибрацию, а также износ рельса и верхнего пояса балки. Исследования показали, что при наличии прокладки область действия нагрузки в продольном направлении увеличивается примерно в 2 раза по сравнению с рельсом, уложенным без прокладки, а местное сжимающее напряжение в стенке балки уменьшается в 2,5 раза. Прокладки устойчивы к износу, сжатию и не чувствительны к маслам.

Крепежные детали (прижимные планки и болты) оцинкованы, что повышает их коррозионную надежность и долговечность. Отличительной особенностью является наличие в верхней прижимной планке завулканизированной эластичной прокладки, через которую

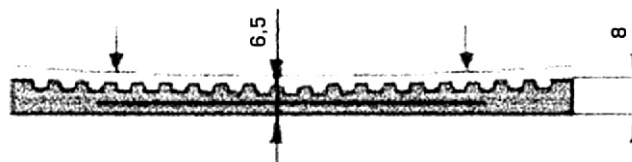


Рис. 5. Эластичные прокладки с вогнутым контуром верхней поверхности

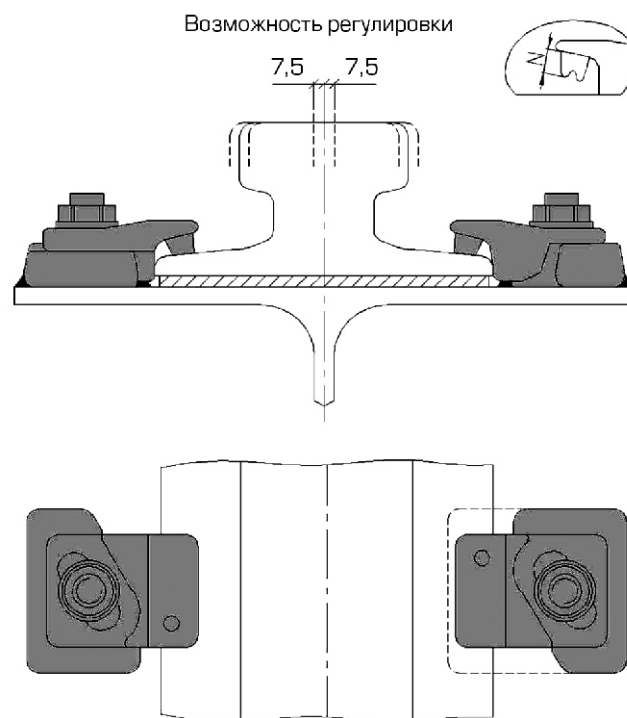


Рис. 6. Прижимные планки с одним болтом

планка прижимается к верхней поверхности подошвы рельса (рис. 6). Эластичная прокладка позволяет компенсировать допуски в системе рельс – балка, снизить динамические нагрузки на крепежные болты и вибрации. Рельс имеет возможность расширяться при изменении температуры.

Прижимные планки имеют следующие преимущества:

- наличие овальных отверстий позволяет осуществлять боковую регулировку рельса от 8 до 20 мм во время и после монтажа;
- обладают самоблокирующим действием благодаря обоюдонаклонным частям прижимных планок, что разгружает крепежные элементы;

- детали имеют малую высоту, что позволяет использовать в ходовых частях крана горизонтальные роликовые направляющие;
- обеспечивают предварительное сжатие под рельсовой прокладкой.

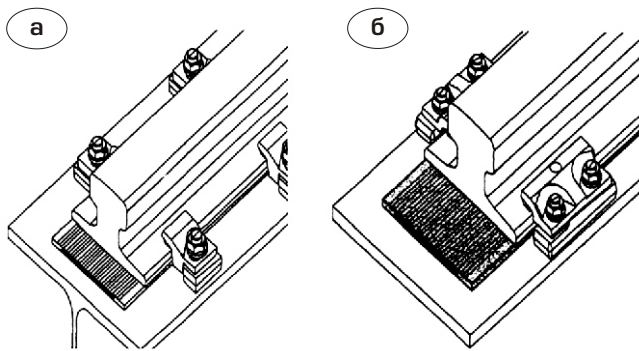


Рис. 7. Одноболтовые (а) и двухболтовые (б) крепления прижимных деталей

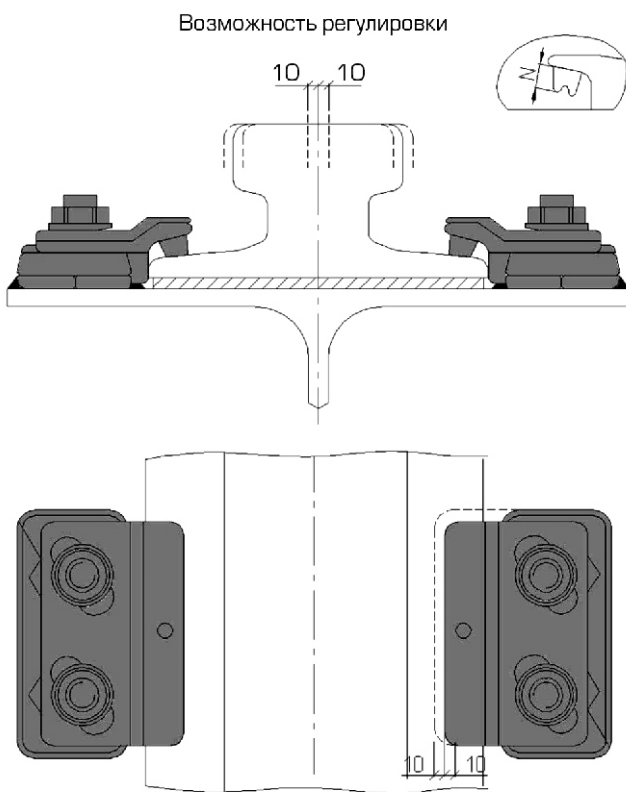


Рис. 8. Прижимные планки на сварных подкладках с двумя болтами

Прижимные детали могут крепиться к поясу балки с помощью сквозных одно- и двухболтовых соединений (рис. 7). Предусматривается также крепление прижимных планок с использованием прокладок, привариваемых к верхнему поясу без сквозных болтов (рис. 8). Расстояние между креплениями составляет от 500 до 750 мм.

Особого внимания заслуживает вариант крепления через прокладки, привариваемые к поясу балки. Этот вариант может быть использован для существующих эксплуатируемых подкрановых балок, которые имеют традиционные жесткие крепления на болтах. Постепенный переход на новый эластичный тип крепления Gantrex позволит значительно улучшить условия эксплуатации балок, повысить усталостный ресурс и продлить срок службы подкрановых балок, эксплуатируемых в условиях тяжелого и весьма тяжелого режимов работы.

Институт «Днепрпроектстальконструкция» совместно с институтом «Укрпипрометз» применил крепление фирмы Gantrex в проекте здания прокатного стана 5000 на Выксунском металлургическом заводе, а также предусматривается такое применение для подкрановых балок Афипского металлургического завода (Россия).

Для мелкосортного стана в г. Березовске (Россия) заказчиком по нашей рекомендации закуплены в Германии мостовые краны и рельсы с указанными креплениями.

Естественный вопрос, возникающий при применении креплений Gantrex, – это стоимость, которая выше традиционно применяемых. Как показали расчеты, сделанные на Самарском и Челябинском металлургических заводах, где применены крепления Gantrex, с учетом продленных сроков эксплуатации, надежности и сокращения межремонтных периодов окупаемость затрат составит около 2-х лет.

Применение креплений Gantrex позволит решить одну из актуальных проблем для металлургической промышленности – обеспечить надежную и безаварийную эксплуатацию подкрановых балок.

Надійшла 11.01.2008 р.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (САПР ВЭС)

В институте «Электротяжхимпроект» разработана и эксплуатируется система автоматизированного проектирования внешних электрических соединений (САПР ВЭС), при помощи которой автоматизируется проектирование кабелей и их подключение к электроустройствам.

Исходными данными для системы являются чертежи принципиальных схем, вычерченные в подсистеме «ACAD_Принципиальная схема», которая описана в [1].

Ввод данных из принципиальных схем проекта. Исходные данные – перечни аппаратов и узлов электрических цепей, соединяющих зажимы аппаратов и записанные в текстовых файлах – извлекаются из принципиальных схем, вычерченных и обработанных в подсистеме «ACAD_Принципиальная схема». Данные вводятся поочередно для каждой схемы проекта.

При вводе принципиальных схем программно происходит некоторое преобразование и дополнение исходных данных. Если схема имеет номер привода, то он добавляется к маркировке узлов отдельным данным.

Если принципиальная схема имеет таблицу применения, то узлы и аппараты размножаются столько раз, сколько применений содержится в таблице. При этом к маркировкам узлов добавляются номера приводов в соответствии с таблицей, и в обозначениях аппаратов символы [N1] заменяются на номера приводов.

При повторном вводе схемы в случае её корректировки подвергаются замене только те данные, которые были изменены.

Визуальный контроль узлов принципиальных схем. Контроль введенных узлов принципиальных схем осуществляется в окне «Узлы принципиальных схем» (рис. 1).

В списке «Узлы» содержатся узлы (маркировки) всех введенных принципиальных схем.

Переключатель «Показать узлы» отображает в списке либо все узлы, либо только контрольные или только силовые. При установке курсора на какой-либо маркировке в правой части окна в списке «Развёрнутый узел» появляется перечень всех аппаратов, соединяемых этой маркировкой. Здесь проверяется все ли аппара-



Н.И. Саванчук
главный инженер
ОАО «Электротяжхимпроект»
(г. Днепропетровск)



Ю.В. Шинская
главный специалист
ОАО «Электротяжхимпроект»,
к.т.н.



Г.К. Курлов
заведующий группой САПР
ОАО «Электротяжхимпроект»

ты подключены к данной маркировке в соответствии с принципиальной схемой, т.к. в результате ошибки вычерчивания схемы какой-либо аппарат может оказаться не подсоединённым.

Если в проекте на момент контроля были выполнены внешние соединения, то в списке «Внешние соединения узла» отображаются жилки внешних соединений данного узла.

Привязка аппаратов к комплектным устройствам и клеммным коробкам. В окне «Привязка аппаратов к устройствам и их расстановка» в списке «Аппараты» отображены аппараты всех введенных принципиальных схем (рис. 2), которые «привязываются» к комплектным устройствам, отображенным в правом списке «Устройства».

Первоначально все аппараты "привязаны" к монтажно-технологической зоне. Это означает, что они расположены в производственном помещении. Для привязки аппаратов к НКУ необходимо в древовидном списке «Устройства» выделить панель НКУ либо другой его элемент, в списке «Аппараты» выделить один или несколько аппаратов и щелкнуть на кнопку «Привязать к выделенному устройству».



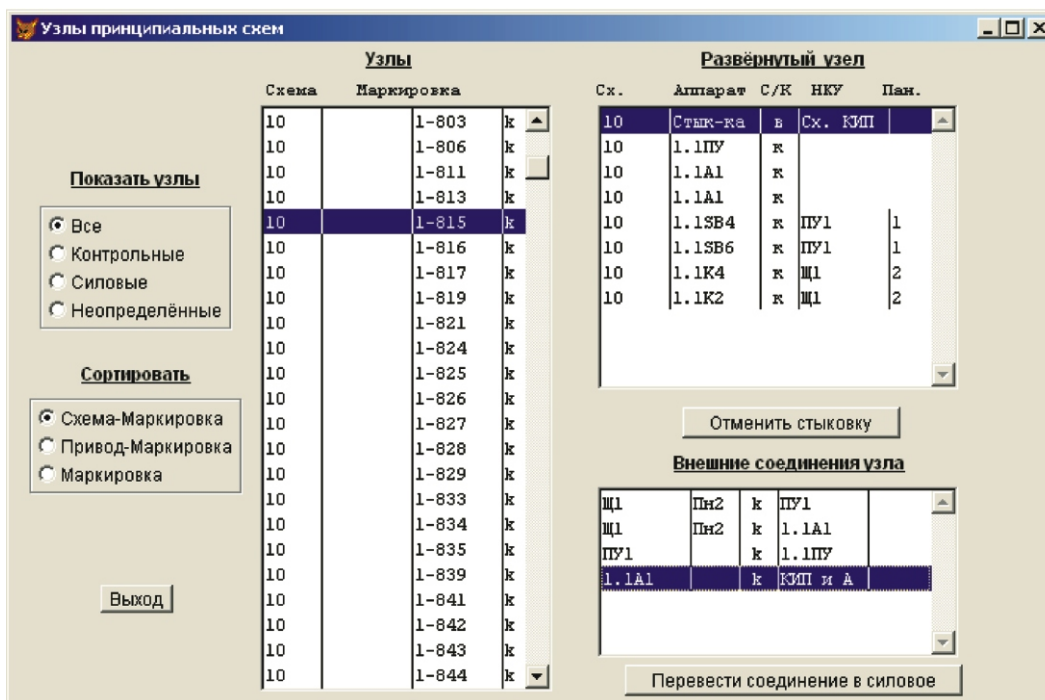


Рис. 1. Контроль узлов принципиальных схем

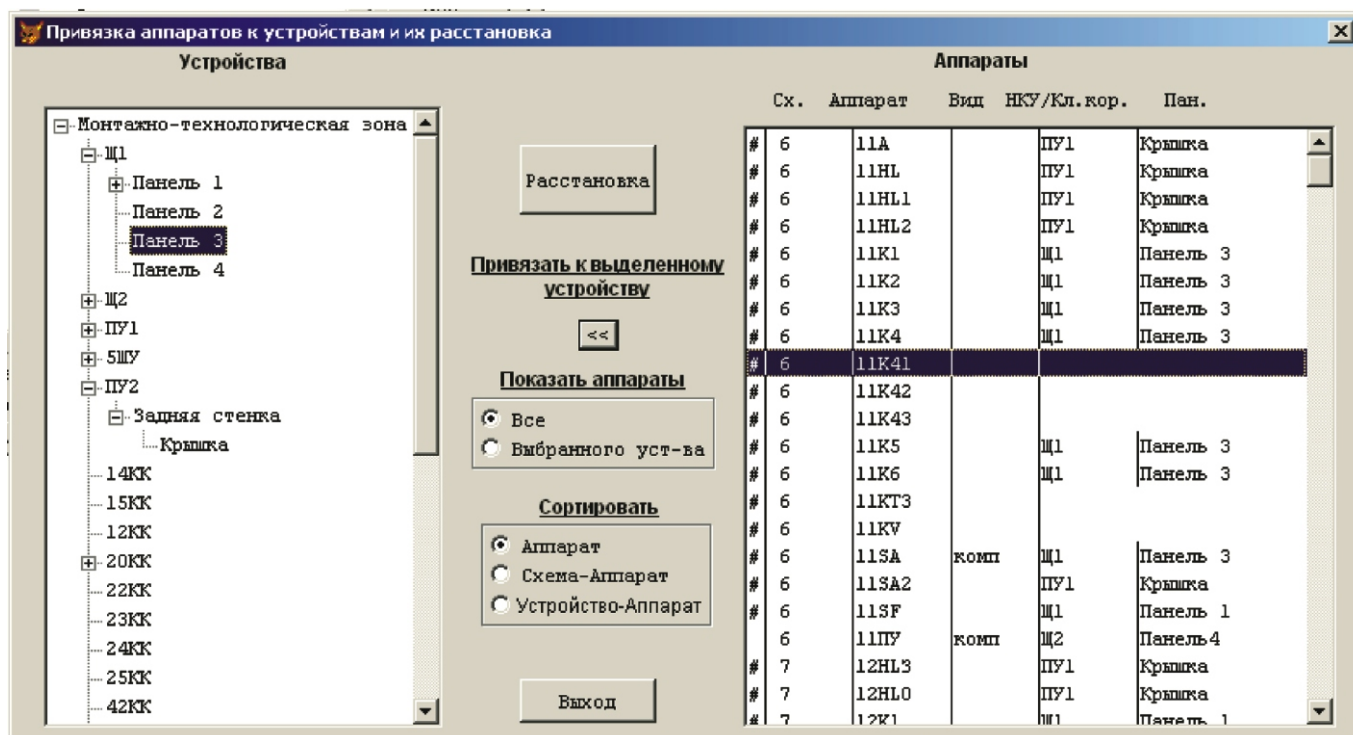


Рис. 2. Окно привязки аппаратов к устройствам и их расстановки

Результаты «привязки» аппаратов программно отображаются в списке аппаратов. В строке «привязанного» аппарата записывается имя комплектного устройства и его панель или другой элемент (дверь, крышка и т.д.).

В списке устройств наряду с НКУ содержатся клеммные коробки. Привязка аппаратов к клеммной коробке выполняется аналогично привязке аппаратов к НКУ.

Формирование внешних соединений и их редактирование. Внешние соединения могут быть сформированы одним из двух способов – «от НКУ к механизмам» или оптимально в смысле минимальной длины электрических соединений между устройствами, входящими в электрический узел и, следовательно, с меньшим объемом кабельной продукции для объекта. Алгоритмы этих процедур описаны в [2, 3].

В результате работы программы узлы электрических соединений разбиваются на жилки, каждая из которых соединяет два устройства. Эти жилки образуют массив всех внешних соединений. Несколько жилок, соединяющих два одинаковых устройства, образуют трассу.

Одновременно с жилками внешних соединений программой формируются клеммники НКУ и клеммных коробок. На данном этапе определяется только зажим клеммника и фикс-

сируется его привязка к панели НКУ и к жилке внешних соединений. Расстановка зажимов в клеммном блоке (клеммнике) и самих блоков на панели выполняется проектировщиком на следующем этапе проектирования.

Выполненные внешние соединения можно просматривать и корректировать.

В САПР отсутствуют данные о возможности прокладки кабельных трасс между какими-либо устройствами. Все внешние соединения выполняются системой без учета возможного соединения двух устройств через транзитные устройства. Поэтому система предоставляет проектировщику возможность просмотреть все внешние соединения и скорректировать некоторые из них.

На рис. 3 показан пример внешних соединений, выполненных для схемы 10. Квадратами отображаются НКУ, прямоугольниками зеленого цвета – клеммные коробки, кружками – отдельно стоящие аппараты. Линиями, соединяющими устройства, отображены трассы. Трасса зеленого цвета и зеленый кружок отображают отправку в другой проект.

Все объекты в окне можно перетаскивать мышью с целью получения более удобной для рассмотрения конфигурации скелетки. Щелчком правой кнопкой на каком-либо устройстве попеременно активизируются трассы, соединенные с данным устройством. В нашем примере активизирована трасса между третьей панелью щита Щ1 и пультом ПУ2 с тремя контрольными жилами.

Щелчком правой кнопкой на активной трассе открывается окно, содержащее перечень маркировок выбранной трассы (рис. 4).

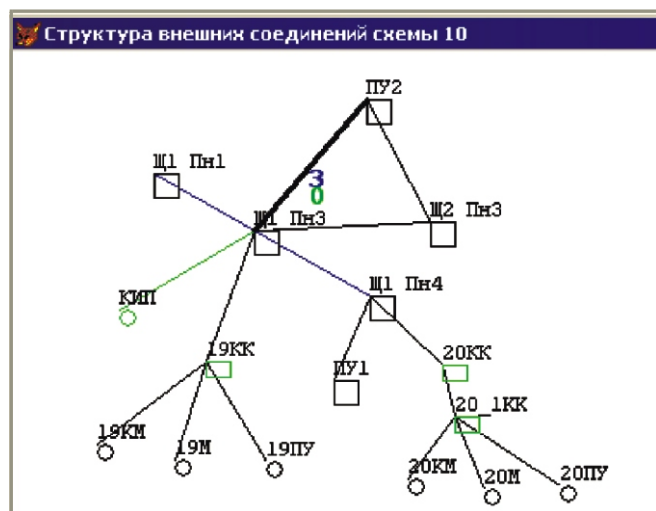


Рис. 3. Структурная схема внешних соединений принципиальной схемы 10

Привод	Маркировка	Тип
19	223	контр.
19	225	контр.
19	N	контр.

Рис. 4. Маркировки трассы Щ1 Пн3 – ПУ2

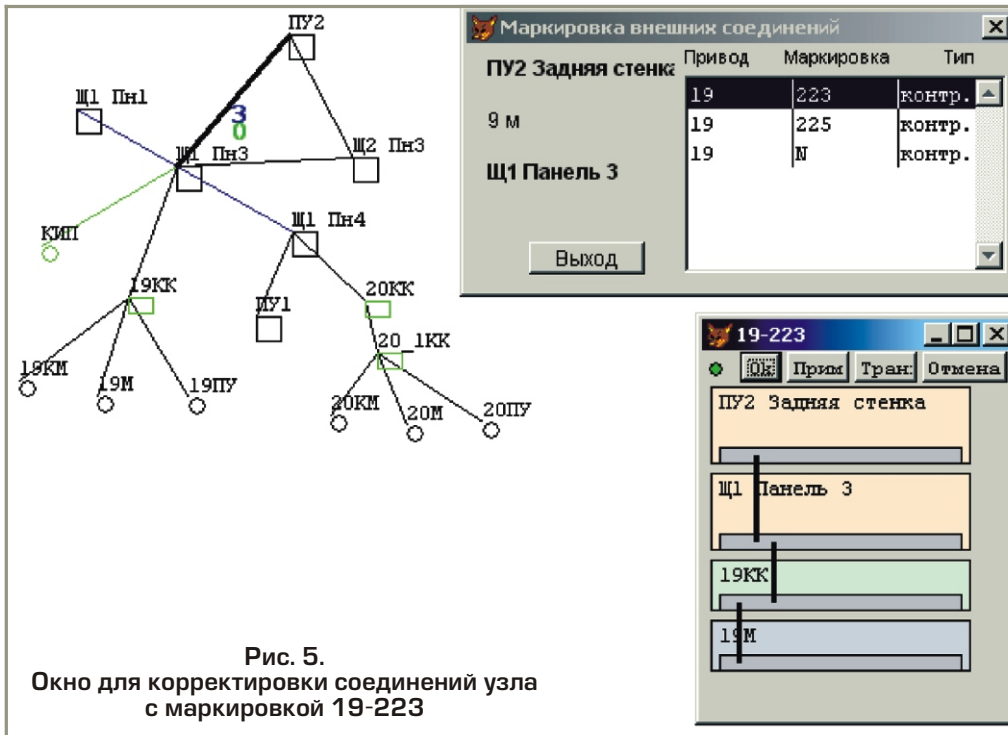


Рис. 5. Окно для корректировки соединений узла с маркировкой 19-223

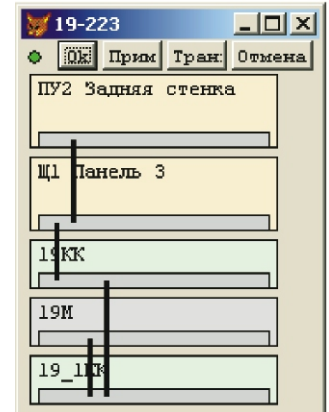


Рис. 6. Скорректированный узел с маркировкой 19-223

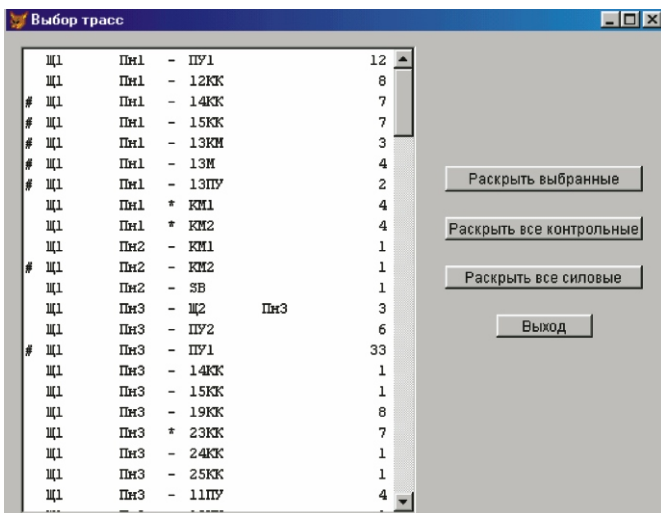


Рис. 7. Окно выбора трасс для формирования кабелей

При активизации какой-либо маркировки в окне «Маркировка внешних соединений» открывается окно, отображающее соединения данной маркировки (окно 19-223 на рис. 5).

Прямоугольники, расположенные друг под другом, отображают устройства, соединяемые данной маркировкой (ПУ2, Щ1, Пан3, 19КК, 19М). Желтым цветом отображаются НКУ, зелёным – клеммные коробки, темно-серым – отдельно стоящие устройства. Тёмные полосы внизу прямоугольников изображают клеммники устройств или зажимы аппаратов. Вертикальные чёрные линии соответствуют соединениям между

устройствами. В нашем примере маркировка 19-223 соединена так: ПУ2 – Щ1, Щ1 – 19КК, 19КК – 19М. В этом окне соединения, выполненные программно, можно корректировать.

Соединения можно удалять и взамен их добавлять другие. Можно добавлять транзитные устройства и делать с ними соединения. Корректность выполненных соединений программно контролируется. На рис. 6 показан результат корректировки маркировки 19-223 (добавлена клеммная коробка 19-1КК).

Приведенные примеры показывают, что все внешние соединения можно выполнить в интерактивном режиме на усмотрение проектировщика.

Формирование кабелей выполняется после того, как просмотрены и откорректированы трассы внешних соединений. Окно «Выбор трасс» (рис. 7) содержит перечень сформированных при выполнении внешних соединений трасс.

Выбрав какую-либо трассу, кнопкой «Раскрыть» открывается окно следующего этапа (рис. 8).

В левой части окна расположен список жил выбранных трасс. Для формирования из них кабелей кнопкой «Сформировать кабель» открывается окно «Выбор типа кабеля» (рис. 9), в котором представлен справочник кабельной продукции.

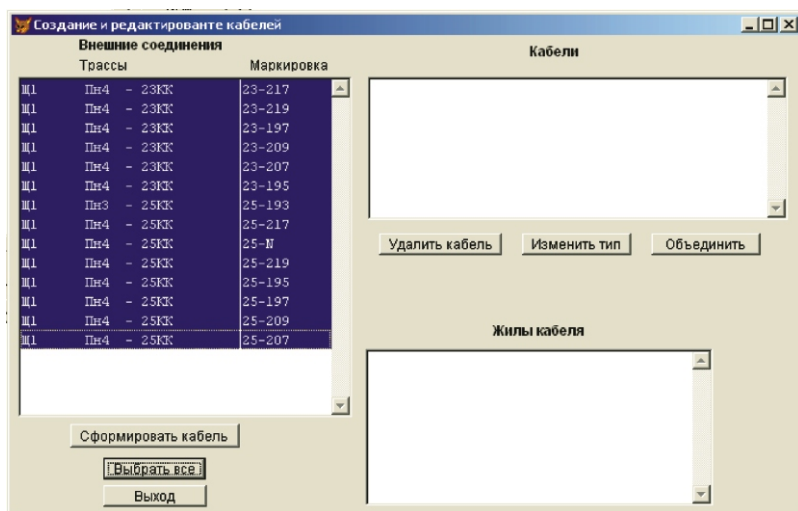


Рис. 8. Окно для выбора объединяемых в кабели жил

ходных жил превышает максимальную жильность выбранного типа кабеля, то образуется несколько кабелей.

- Если токовая нагрузка силовых кабелей требует параллельного подключения нескольких кабелей, во флажке «Количество параллельных кабелей» указывается требуемое количество.
- Если нужен кабель с заземляющей жилой, то включается флажок «С заземляющей жилой». В кабель будет добавлена жила «РЕ».

В результате работы САПР автоматически создаются следующие проектные документы:

- Текст кабельного журнала (Word).
- Схема подключения кабелей к НКУ (AutoCAD).
- Схема подключения кабелей к механизмам (AutoCAD).

Описанная САПР функционирует в институте «Электротяжхимпроект» на протяжении нескольких лет. Система позволяет существенно сократить затраты и сроки проектирования, ее применение повышает качество проектов.

Более подробную информацию можно получить:
e-mail institut@ethp.dp.ua

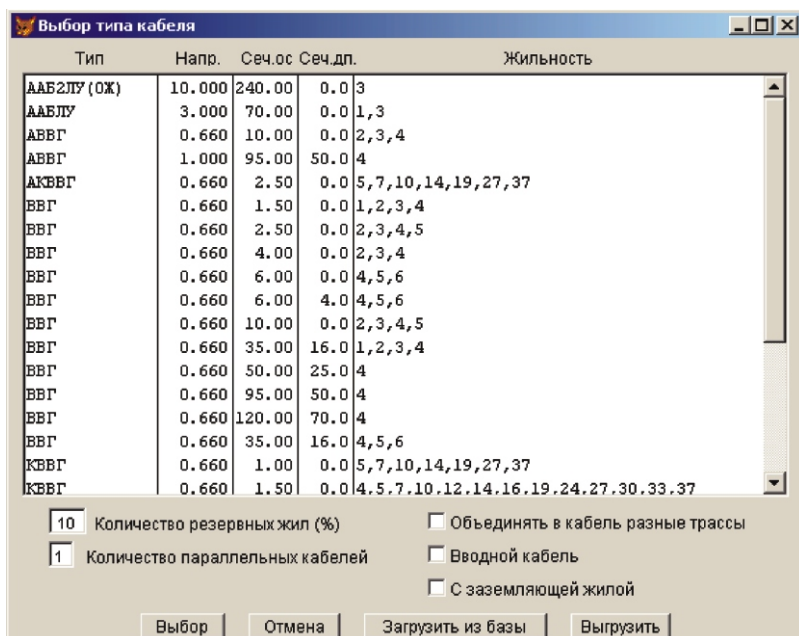


Рис. 9. Справочник кабельной продукции

Объединение жил в кабели происходит по следующим правилам:

- Если выделенные жилы принадлежат разным трассам, кабели формируются для каждой трассы отдельно. Если включен флажок «Объединять в кабель разные трассы», то все выделенные жилы будут объединены в кабели одного типа.
- Жильность кабеля выбирается в зависимости от числа выделенных жил с добавлением резервных жил. Количество резервных жил задается проектировщиком в поле «Количество резервных жил (%)». Если число ис-

- [1] Саванчук Н.И., Шинская Ю.В., Курлов Г.К. Система автоматизированного проектирования низковольтных комплектных устройств (САПР НКУ). – Промэлектро, 2009 – № 1.
- [2] Апенко В.П., Шинская Ю.В., Курлов Г.К. Формирование оптимальной электрической сети в системе автоматического проектирования // Промышленная Энергетика. – 1980 – № 8.
- [3] Апенко В.П., Шинская Ю.В., Курлов Г.К. Метод формирования кабелей многопанельных щитов в системе автоматизированного проектирования // Промышленная Энергетика. – 1980 – № 10.

Надійшла 10.07.2009 р.

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПРОПОРЦІОНУВАННЯ В ГАРМОНІЗАЦІЇ АРХІТЕКТУРИ ПРОМИСЛОВИХ СПОРУД

До сучасної промислової забудови висувається цілий ряд вимог, які разом утворюють комплекс чинників, що впливають на формування і структуру цього типу будівель і споруд. Їх основною характерною тенденцією є винесення виробничих потужностей за межі центрів середніх, великих і крупних міст. Протягом останніх 20–30 років «динаміка» розвитку міст призвела до того, що промислові підприємства опинилися майже в їх історичних і геометричних центрах. Громіздкі виробничі процеси змушують розвивати композицію архітектури цих підприємств по горизонталі. Отже, вони не тільки займають дуже великі площі дорогоцінних міських територій, але й «перекривають» перспективні шляхи розширення майбутньої інфраструктури і транспортних артерій міст, що інтенсивно розвиваються.

Багато українських підприємств, у т.ч. і в столиці, через невідповідність сучасному рівню конкуренції, високий ступінь морального і фізичного зносу обладнання, застарілі виробничі процеси і потужності та високу собівартість виробленої продукції змушені цілком або частково припиняти свою роботу або здавати більшість приміщень в оренду.

Для розвитку і будівництва мережі нових промислових підприємств із сучасними високотехнологічними виробництвами відводиться в основному зона контакту міської і сільської (приміської) території. Це підприємства з виробництва: сучасних будівельних сумішей, цементу, синтетичних і полімерних матеріалів, зі збирання автомобілів та комплектуючих електробутової техніки, виробництва металопластикових вікон, фарби тощо. Всі вони базуються переважно на високотехнологічному європейському обладнанні. Незважаючи на те, що подібні підприємства завдяки новітнім світовим технологіям мають компактну композиційну схему фасадів і генпланів, через 15–25 років вони теж виявляться розміщеними в структурі міської території, яка «обминувши» їх, «підє» в своєму розвитку далі («збільшуючи» діаметр міста).

У розвинутих країнах ця проблема вирішується комплексно з частковим винесенням промисловості за межі міста.



С.В. Сьомка
доцент КНУБА, канд. архіт.

Перед українськими архітекторами сьогодні може постати першочергове завдання – розробити методи гармонізації архітектурно-просторових рішень промислових будівель і споруд. Планування і перспективне проектування об'ємно-просторової композиції, пропорційної системи і художньо-естетичного образу майбутніх міст нашої держави повинно здійснюватись більш централізовано і комплексно. А ідейно-художні образи приміських промислових ландшафтів мають тут провідне значення, бо на залізничних і автомобільних під'їздах до 45 % українських великих і середніх міст переважають промислові та близькі або споріднені до них за функцією ландшафти. Вони є зоною первинного контакту глядача, і їх зовнішній вигляд і пропорційна цілісність структури загальної забудови справляють перше враження і «надають» інформацію про місто.

Гармонія пропорційних систем має як утилітарне значення, яке полягає в співвідносності і поєднанні частин функціонально-планувальних структур окремих будинків, так і художньо-естетичний аспект, результати досліджень якого ставлять за мету покращити загальну об'ємно-просторову композицію споруди, комплексу, ансамблю в цілому.

Основними складовими процесу гармонізації архітектурного середовища як напрямку пропорціонування є прийоми ритмостенографії за М.Я. Гінзбургом (рис. 1):

- цілісність загальної композиції;
- спорідненість геометрії основних форм і деталей;
- супідрядність фонових елементів домінантам;
- повторюваність характерних елементів, форм і деталей;
- розмірність і гармонійність пропорції (ритмостенографія);
- рівновага форм у середині композиції.



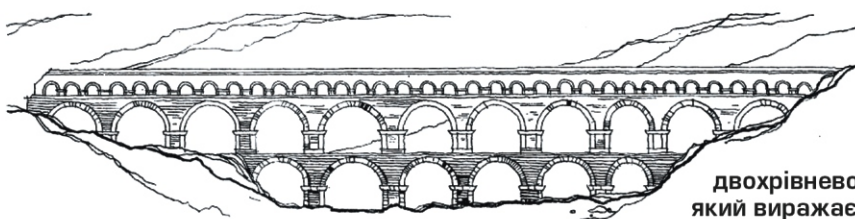
1 ▲

Ритмостенографічне вираження ознак ритму, що утворює своєрідний пропорційний ряд системи композиції фасаду



2 ▲

Композиція фасаду Московського державного університету з яскраво вираженими ознаками ритму у вертикальних метричних рядах

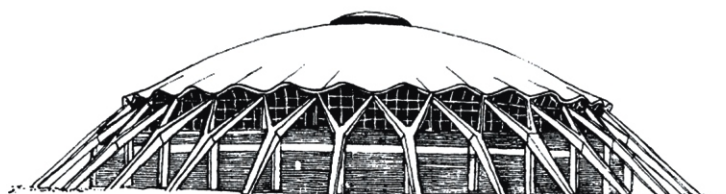


◀ 3

Складний метричний ряд великих і малих арок двохрівневого акведука Гардського мосту, який виражає величність і масштаб споруди

4 ►

Малий палац спорту в Римі. Ритмометричний ряд тонкостінного купола виражає об'ємно-просторову і конструктивну структуру будівлі



5 ▼

Каплиця Пацці. Флоренція, Італія. Архітектор Брунелеско Ф. 1430–1443 рр. Ритмостенографія і структура архітектурної композиції фасаду

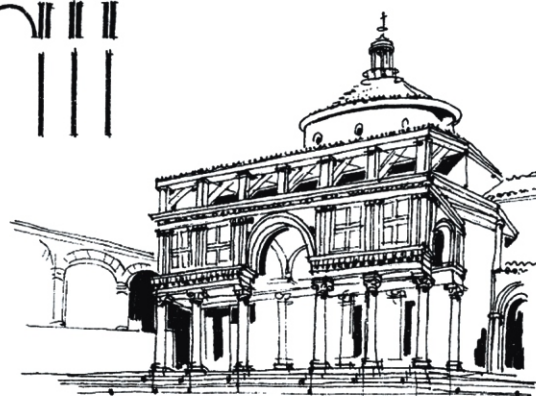
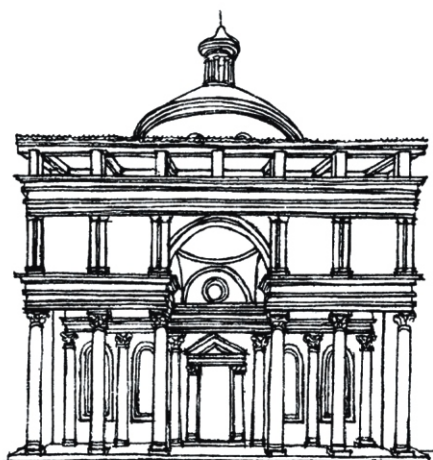


Рис. 1. Прийоми ритмостенографії, запровадженої М.Я. Гізбургом в архітектурній композиції

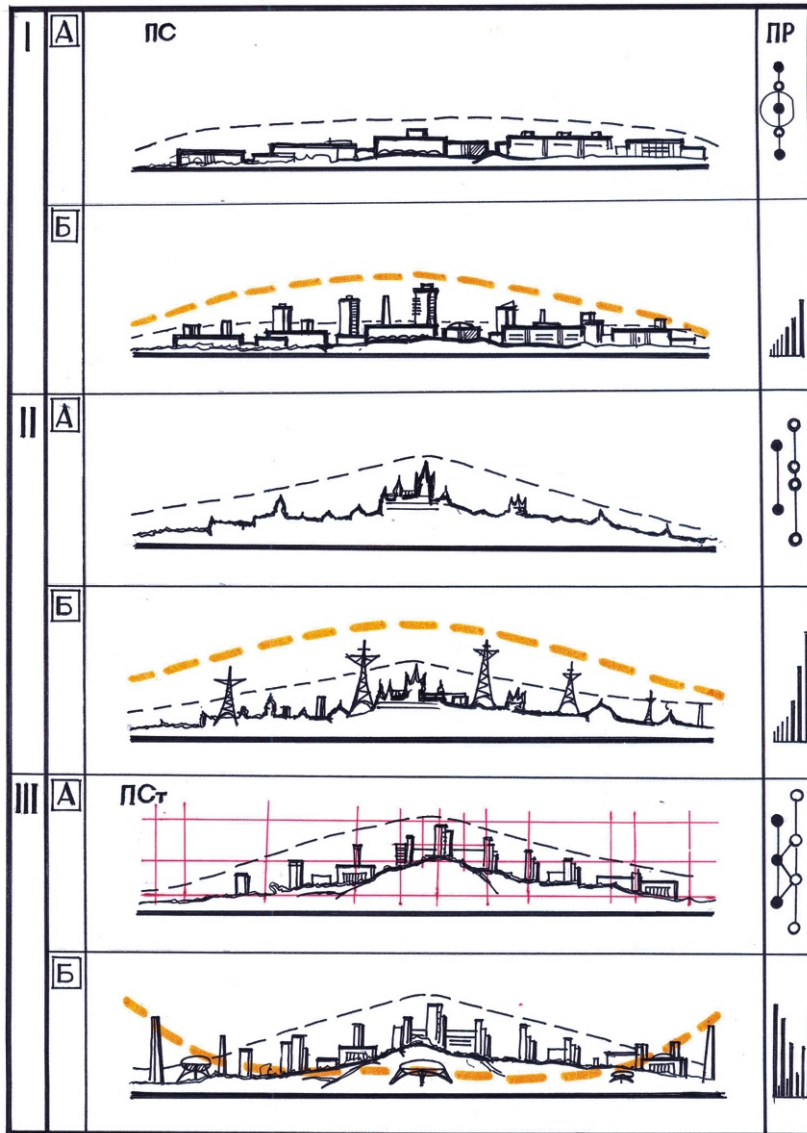


Рис. 2. Накладання гармонійних абрис-контурів на архітектуру промислових підприємств:

I – графік із суцільною лінійною панорамою промислової забудови;
II – накладання промислового параболічного графіка силуету на абрис-контур існуючого середовища міста; **III** – накладання протилежно вигнутих абрис-контурів існуючої і проєктованої промислової забудови;
A – існуючий варіант панорамної забудови; **B** – варіант зі збільшенням висоти і зміною характеру основного абрис-контуру панорамної забудови

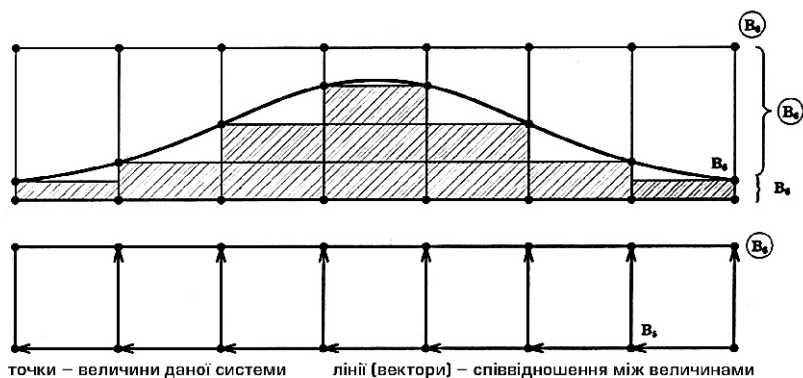
Звичайно, найбільш виразно пропорції передають характер і структуру через поєднання саме комплексу трьох головних складових – *функції* (функціонально-планувальної схеми), *форми* (геометричний, біонічний і структурний аналіз) і *об'єму* (загальної об'ємно-просторової композиції) розглядуваного ансамблю. Головними інструментами тут є саме елементи пропорційної оцінки – прямі горизонтальні і вер-

тикальні обміри фасадів і планів усього об'єкта методом засічок, які і утворюють пропорційний ряд (ПР) (рис. 2, 3), який у поєднанні з такими засобами оцінки, як розмірність, повторюваність, рівновага форм у середині композиції утворює пропорційну структуру (ПСт).

Пропорційна структура зі своїми ритмостенографічними особливостями, які, поєднуючись з ідейно-художньою образністю, гармонійністю, цілісністю і супідрядністю загальної композиції і спорідненістю геометрій основних форм і деталей, утворюють загальну пропорційну систему (ПС).

Пропорційна система найбільше проявляється в зовнішньовидових зв'язках між різними типами будинків.

Пропорційна структура (ПСт як супідрядний елемент ПС) найбільш чітко виявляється у внутрішньовидових зв'язках і пропорційних рядах будинків і споруд одного типу. Наприклад, ПСт будинків і промислових цехів лакофарбувального заводу чітко відрізняється від ПСт заводу з виробництва металопластикових вікон. Існує думка, що будь-яку функцію або архітектуру можна адаптувати або «втиснути» до існуючого об'єму або приміщення. В архітектурі багатьох країн світу є практика і досвід тривалого типового проєктування, яке не тільки мало масовий характер, але й поєднувало в собі максимум позитивних рис тієї чи іншої серії типових будинків і ставило за мету просто «прив'язати» їх у конкретних умовах до потрібної ділянки. Отже, кожен будинок, споруда або їх комплекс мають свій особливий ритмостенографічний *пропорційний ряд* (як елементарний супідрядний елемент ПСт), який найбільш чітко виявляється в дослідженні співвідношень основних деталей, вузлів і габаритів окремого будинку, що розглядається дослідником або проєктувальником.



ПРИКЛАД ПЕРЕТВОРЕННЯ ДОВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ НА ЛЕГКУ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ОРТОГОНАЛЬНУ ВЕКТОРНУ СИСТЕМУ МОДУЛІВ

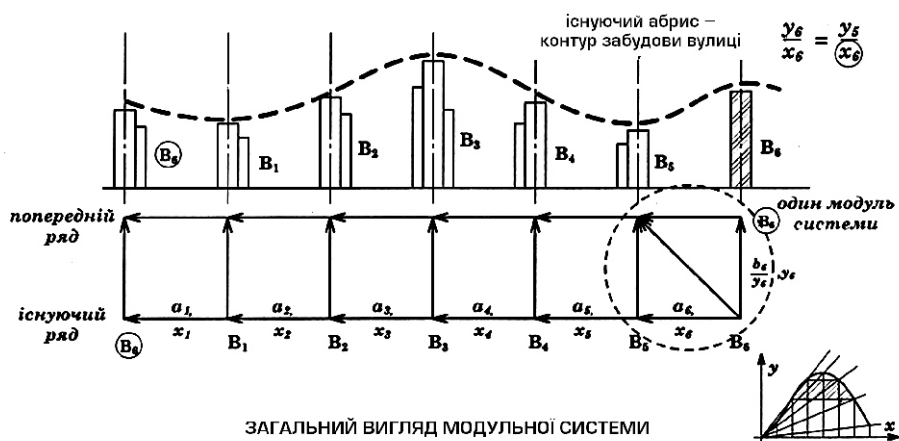


Рис. 3. Дослідження ритмостенографії з однієї розгортки за акцентними елементами домінантної забудови

Не обов'язково, щоб ці співвідношення базувались на пропорціях «золотого перетину», єгипетського трикутника або подвійного квадрата тощо. Кожне сучасне антропогенне середовище вже має свою автономну (особливу) і досить складну пропорційну систему, яку проєктувальнику необхідно обов'язково виявити і потім застосувати дані аналізу при проєктуван-

нової або перспективної забудови промислової будівлі, споруди, комплекси і ансамблі вже через 5–10 років можна перетворити в красиві і привабливі архітектурні шедеври майбутнього.

Надійшла 18.06.2009 р.

КОЛОКВІУМ «РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КОНСТРУКЦІЙ»



А.А. Гром
завідувач науково-дослідного відділу
технічного розвитку
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція
ім. В.М. Шимановського», к.т.н.



О.І. Голоднов
учений секретар
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція
ім. В.М. Шимановського»,
д.т.н.



м. Скадовську 7–10 вересня 2009 р. відбувся колоквіум «Розрахунок та проектування просторових конструкцій», організований ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» за підтримки Міністерства регіонального розвитку та будівництва України, Національної академії наук України, Української Державної корпорації «Укрмонтажспецбуд», Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Міжнародної асоціації з оболонкових та просторових конструкцій.

На засіданнях колоквіуму було розглянуто 47 доповідей, підготовлених 62 вченими і фахівцями України, Росії та Франції з таких основних напрямів досліджень:

- розроблення раціональних типів будівельних металевих конструкцій, експериментально-теоретичні дослідження роботи елементів та з'єднань;
- розвиток методів розрахунку та проектування будівельних металевих конструкцій та споруд;
- проблеми автоматизації проектування та розрахунку металевих конструкцій;
- удосконалення технологій виготовлення і монтажу металевих конструкцій, ремонту і реконструкції будівель та споруд;
- розвиток методів випробування металевих конструкцій та обладнання неруйнівного контролю;
- проблеми технічної експлуатації, методи оцінювання технічного стану та визначення залишкового ресурсу металоконструкцій.

Перед початком роботи учасників колоквіуму привітав голова програмного комітету, голова правління ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» О.В. Шимановський.

На пленарному засіданні з доповідями виступили голова організаційного комітету, перший заступник голови правління ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» В.М. Гордеев, а також Флоран Мілот (Jaillet-Rouby, Франція), Васудев Урпа (VINCI Constuction Grands Project/Bouygues Travaux Publics-Novarka, Франція) та ін.

Робота конференції проводилась у п'яти секціях.

У роботі першої секції «Розроблення раціональних типів будівельних металевих конструкцій, експериментально-теоретичні дослідження роботи елементів та з'єднань» взяли участь і виступили з доповідями І.М. Лебедич, О.М. Козлова (ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського», м. Київ), С.І. Білик, А.С. Білик, А.А. Нілов, М.В. Лазнюк (Київський національний технічний університет будівництва та архітектури),



Відкриття роботи колоквіуму



Робочі засідання конференції

О.А. Кисіль (Вінницький національний технічний університет), Л.В. Хазрон (ВАТ «Діпроцивільпромбуд», м. Київ), І.Д. Пелешко (Національний університет «Львівська політехніка») та ін. Були розглянуті питання оптимального проектування будівель із вантовими покриттями, особливості проектування і розрахунку несучих металевих конструкцій із гофрованою стінкою, результати визначення залишкового напруженого стану в елементах різних перерізів, раціональні конструкції з двотаврів змінного перерізу, деякі аспекти надбудови багатоповерхових будинків із застосуванням металевого каркаса тощо.

У роботі другої секції «Розвиток методів розрахунку та проектування будівельних металевих конструкцій та споруд» взяли участь В.М. Гордєєв, О.І. Голоднов, А.А. Гром, М.О. Микитаренко, В.В. Шалінський, А.В. Царик, Г.В. Ленда (ВАТ «УкрНДПроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»), О.І. Оглобля (ДІ «УкрНДІводоканалпроект», м. Київ), М.В. Усенко (Київський національний технічний університет будівництва та архітектури), О.С. Балашова (Донбаський державний технічний університет, м. Алчевськ) та ін. Розглядалися питання, пов'язані з нормуванням надійності будівельних конструкцій, особливостями стійкості ниток скінченної жорсткості при спеціальних завантаженнях, вибору оптимальних параметрів висячих комбінованих конструкцій. Крім цього, було розглянуто метод розрахунку стрижньових елементів з ексцентриситетами в двох площинах, розрахунок і проектування

елементів трубопроводів систем гідротранспорту тощо.

У роботі третьої секції «Проблеми автоматизації проектування та розрахунку металевих конструкцій» взяли участь М.А. Микитаренко (ВАТ «УкрНДПроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»), Д.В. Медведенко, М.В. Лазнюк (Київський національний технічний університет будівництва та архітектури), В.В. Ріблов (Луганський національний аграрний університет) та ін. Серед основних питань, що розглядалися під час роботи секції, слід відзначити інформацію про комп'ютерне моделювання динаміки конструкцій установок глибокого буріння, моделювання шатрових плит перекриттів житлових будинків із використанням МСЕ, використання ПК ЛІРА для вирішення складних геометрично нелінійних динамічних задач, а також особливості та переваги програми ЛІРА-КМ при підготовці проектно-технічної документації стадії КМ тощо.

У роботі четвертої секції «Удосконалення технологій виготовлення і монтажу металевих конструкцій, ремонту і реконструкції будівель та споруд» взяли участь С.В. Козлов, Ю.В. Кирилов, М.С. Кудашкін (ВАТ «УкрНДПроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»), А.П. Іванов (Донбаський державний технічний університет), В.І. Москаленко (ТОВ «Промбудремонт», м. Донецьк) та ін.

Розглядалися питання про особливості технології будівництва металевих димових конструкцій в умовах діючого підприємства, розподіл залишкових напружень в елементах після різних технологічних операцій, застосування плазмового зварювання як способу зниження залишкових напружень у сталевих конструкціях, а також підсилення конструкцій шляхом збільшення перерізу із застосуванням плазмового зварювання тощо.

У роботі п'ятої секції «Розвиток методів випробування металевих конструкцій та обладнання неруйнівного контролю» взяли участь О.І. Голоднов, І.А. Іванова (ВАТ «УкрНДПроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»), А.П. Іванов, Т.В. Антошина (Донбаський державний технічний університет), С.І. Скребцов (Луганський національний аграрний університет) та ін. Під час роботи секції розглядалися питання деяких аспектів експериментальних досліджень міцності



сталі методом зрізу різьби, стійкості пластин при наявності залишкового напруженого стану, структурних змін металу при наплавленні зварних швів із використанням різних технологій зварювання, стійкості сталевих елементів при наплавленні валиків на частині довжини тощо.

Під час роботи шостої секції «Проблеми технічної експлуатації, методи оцінювання технічного стану та визначення залишкового ресурсу металоконструкцій», у якій взяли участь О.В. Шимановський, О.І. Голоднов, О.М. Гібаленко, С.В. Колесніченко, Ю.В. Селютін (ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»), В.В. Губанов (Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Макіївка) та ін., було розглянуто основні принципи забезпечення технологічної безпеки для підприємств із розвинутою територіальною структурою, пропозиції щодо призначення терміну першого обстеження для визначення залишкового ресурсу сталевих конструкцій, а також питання, пов'язані з експертною оцінкою рівня корозійної небезпеки технічних рішень щодо захисту від корозії сталевих конструкцій тощо.

Усі доповіді опубліковані у Збірниках наукових праць ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» (вип. 3–4).

За результатами роботи колоквиуму були прийняті наступні рішення:

- відзначити успішну діяльність ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» із розроблення державних будівельних норм, гармонізованих з Європейськими стандартами, та рекомендувати продовжувати цю роботу;
- схвалити принципи конструювання металевих конструкцій із урахуванням їх архітектурної виразності, технологічності на стадіях виготовлення та монтажу, захисту від механічних пошкоджень та хімічної корозії;
- рекомендувати проведення експериментально-теоретичних досліджень для розроблення методів розрахунку конструкцій із урахуванням залишкового напруженого стану;
- звернути особливу увагу на контроль стану існуючих мостів, висотних споруд, нафтових, паливних і технологічних ємностей з метою попередження їх критичного зносу і спонтанних руйнувань;
- запровадити механізм технічного регулювання проблем безпеки відповідно до наказу МНС № 425 від 06.11.2003 р.;
- підготувати пропозиції з розроблення нормативних актів щодо вимог безпеки до матеріалів та конструкцій при виборі варіантів первинного та вторинного захисту від корозії та технічних регламентів із раціонального вибору матеріалів, конструювання, виготовлення, експлуатації та ремонтного відновлення, контролю за заходами з протикорозійного захисту і врахування корозійних втрат;
- підготувати пропозиції щодо оновлення та розроблення наступних нормативних документів:
 - Захист від корозії в будівництві. Захист металевих конструкцій від корозії.
 - Захист від корозії в будівництві. Діагностика корозійного стану та продовження нормативного ресурсу металевих конструкцій.
 - Технічне регулювання безпеки експлуатації будівельних конструкцій, будівель і споруд об'єктів підвищеної небезпеки у корозійних середовищах.
 - Моніторинг технологічної безпеки промислових будівель і споруд. Загальні положення;
- продовжити вивчення проблем технічної експлуатації, методів оцінки технічного стану з використанням сучасних приладів неруйнівного контролю (зокрема заснованих на методі «зрізу різьби») і залишкового ресурсу металоконструкцій та підвищення їхньої несучої здатності;
- розширити співробітництво з міжнародними організаціями і установами в галузі металобудування шляхом укладання угод про взаємний обмін досвідом, науковцями і спеціалістами, а також проведення спільних науково-технічних конференцій;
- підтримати практику навчання спеціалістів служб експлуатації будівель і споруд на семінарах, які проводить ДонЦТБ ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського».

Наступний колоквиум

«Розрахунок та проектування просторових конструкцій»
провести у вересні 2011 року у м. Скадовську.

Надійшла 03.11.2009 р.

Вітаємо з 75-річчям

ЄЖИ ЗЮЛКО

професора кафедри металевих конструкцій Гданського політехнічного університету, академіка Академії будівництва України, члена міжнародної редакційної ради журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»

Єжи Зюлко закінчив Гданський політехнічний університет і отримав диплом магістра інженера будівництва. Протягом 1957–1963 рр. працював на Познанському підприємстві сталевих конструкцій та промислового обладнання «Мостосталь» – Керівництво групи робіт у Гданську на посадах: інженера, керівника будівництва та головного інженера групи робіт.

З 1958 до 1962 рр. працював науково-технічним асистентом кафедри металевих конструкцій Гданського політехнічного університету, а з 1963 р. асистентом кафедри. У 1964 р. отримав ступінь кандидата технічних наук. Його дисертація під назвою «Окремі аспекти, пов'язані з промисловим монтажем сталевих ємностей великого об'єму» була відзначена міністром вищої освіти та техніки.

Працював на підприємстві будівництва газового заводу «Газомонтаж» у Варшаві, де у 1963–1975 рр. був оцінювачем ємностей і металевих конструкцій, протягом 1975–1978 рр. – консультантом у сфері проектування та виконання будівельних робіт у Центрі техніки кораблебудування «Промор».

Стажувався на кафедрі металевих конструкцій Московського інженерно-будівельного інституту.

Протягом 1968–1979 рр. працював на посаді доцента, отримав наукове звання професора технічних наук, а у 1989 р. науковий ступінь доктора. Професійним надбанням професора Єжи Зюлки є розроблення декількох сотень будівельних проектів та експертних, а також проектів сталевих ємностей.

Єжи Зюлко є головним розробником проекту найбільшого у Східній Європі резервуара для нафти об'ємом 75000 м³, що побудований у Білорусії в 1999 р.



Його науково-дослідницька діяльність зосереджена на проблематиці сталевих будівництва у широкому значенні.

Він є вітчизняним авторитетом у цій сфері, а також визнаним спеціалістом за кордоном.

Професор Єжи Зюлко є автором польських норм PN/B-03210 «Сталеві конструкції. Вертикальні циліндричні ємності для рідин. Проектування та виконання», співавтором норм PN/B-03211 «Сталеві конструкції. Кулясті ємності постійного тиску. Проектування та виконання».

Єжи Зюлко член Комітету наземної і водної інженерії Польської Академії Наук (з 1990 р.), Комісії з наукового звання та наукових ступенів, член Проблемної комісії Польського комітету стандартизації у справах проектування та виконання металевих конструкцій.

За наукову діяльність і професійну діяльність Єжи Зюлко відзначений п'ятьма нагородами міністра науки, вищої освіти і техніки, а також спеціальною нагородою міністра будівництва і будівельної промисловості. У 1979 р. отримав престижну щорічну нагороду ПСІТЬ імені професора В. Женчиковського, а у 2000 р. – медаль імені професора С. Кауфмана. У 1981 р. був відзначений Кавалерським хрестом Оргену Відродження Польщі, а у 1999 р. – Офіцерським хрестом Оргену Відродження Польщі, а також медаллю Комісії народної освіти, золотими та срібними відзнаками ПСІТЬ і ГТО (Головна технічна організація) та іншими відзнаками.

Спеціаліст-конструктор найвищого класу, видатний науковець Єжи Зюлко є взірцем творчої ініціативи, працелюбності, наполегливості і витривалості, людиною честі та великої скромності.

Вітаємо з 70-річчям

ВАСИЛЯ ФЕДОРОВИЧА ЧКАЛІНА

**відомого фахівця з виготовлення будівельних металевих конструкцій,
директора з виробництва ВАТ «Укрстальконструкція»,
дійсного члена Академії будівництва України**

Чкалін В.Ф. закінчив Миколаївський кораблебудівний інститут імені адмірала С.О. Макарова за фахом інженер-механік.

У 1961 р. розпочав свою трудову діяльність електрозварювальником Миколаївського заводу металевих конструкцій, на якому пройшов шлях від майстра до директора заводу. З 1980 по 1992 рр. працював у республіканському промисловому об'єднанні «Укрстальконструкція». З 1992 до 1997 рр. – віце-президент державної корпорації «Укрмонтажспецбуд», з 1997 р. і по теперішній час працює директором з виробництва ВАТ «Укрстальконструкція».

Василь Федорович Чкалін – високопрофесійний інженер. Його творча і виробнича діяльність завжди були спрямовані на технічне переоснащення і модернізацію виробництва, покращання умов праці та підвищення якості продукції, розширення її обсягів та номенклатури. Чкалін В.Ф. умілий керівник і організатор, він має бездоганну ділову репутацію, користується великою повагою і авторитетом. За його участі були вирішені такі складні технічні та виробничі проблеми в галузі металобудівництва, як створення виробництва комплексних будівель із легких металевих конструкцій на базі вітчизняного та імпортного устаткування, виготовлення різноманітних типів металевих резервуарів, включаючи ізотермічні, удосконалення технології виготовлення металевих конструкцій із високолегованих сталей.



Під його безпосереднім керівництвом здійснювались будівництво та реконструкція багатьох об'єктів як у м. Києві, так і в Україні, серед яких спорудження Банкотної фабрики, виробничих корпусів фармацевтичної фірми «Дарниця», реконструкція Палацу «Україна», Національної державної філармонії України, приміщення Головної податкової адміністрації, Посольства Російської Федерації, готелю «Театральний», майдану Незалежності, в т.ч. будівництво колони монумента

Незалежності, містка через вул. Інститутську, будівництво станції «Караваєві дачі» і реконструкція залізничного вокзалу «Південний», Міжнародного виставкового центру, ангара АНТК ім. Антонова, торговельно-розважального центру на Оболонському проспекті, укріплення 4-го енергоблока і сховища відходів ядерного палива Чорнобильської АЕС, реконструкція Алчевського меткомбінату та будівництво комплексу машин неперервного розливу сталі та киснево-конвертерного цеху; будівництво резервуара об'ємом 75000 см³ для лінійної виробничо-диспетчерської станції «Броди», резервуарного парку Нагвірнянського нафтопереробного заводу та багато інших.

За високий професіоналізм та вагомі здобутки у галузі металобудівництва Василь Федорович нагороджений відзнаками Мінрегіонбуду України, є лауреатом премії ім. академіка М.С. Буднікова.

ДО ВІДОМА ДОПИСУВАЧІВ ЖУРНАЛУ !

Вимоги щодо публікації статей:

- Текст статті в електронному виді, фото авторів, авторська довідка (для наукових статей ще анотація мовою статті та англійською, ключові слова, УДК), підготовлені у Microsoft Word, а також у роздрукованому виді.
- Ілюстрації надаються підготовленими у Adobe Photoshop або Microsoft Word, Excel чи на паперових носіях для сканування. Формат надання – tif, eps, jpg, psx – 300 dpi.
- Роздрукований текст статті підписується усіма авторами, електронні та роздруковані варіанти повинні бути ідентичними.
- Авторська довідка має містити наступні дані: прізвище, ім'я та по батькові повністю, місце роботи, посада, науковий ступінь, вчені звання, а також номер контактного телефону та електронну адресу.

ДО ВІДОМА РЕКЛАМОДАВЦІВ !

Вартість розміщення реклами (з урахуванням ПДВ та податку на рекламу)

Формат	Розміри, мм		Одноколірна, ціна ум. од.	Двоколірна, ціна ум. од.	Багатоколірна, ціна ум. од.
A4	185 x 270		150	300	450
1/2 A4	85 x 270	185 x 130	75	150	240
1/4 A4	85 x 130	185 x 60	40	75	130
1/8 A4	85 x 60		20	40	

ОБКЛАДИНКА (190 x 220 мм):

- 1-а сторінка – 700 ум. од.
- 2-а сторінка – 600 ум. од.
- 3-я сторінка – 500 ум. од.
- 4-а сторінка – 500 ум. од.

**ЖУРНАЛ НА 2010 р. МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ
У БУДЬ-ЯКОМУ ВІДДІЛЕННІ ДП «ПРЕСА»
(передплатний індекс – 98848)
АБО ЗАМОВИТИ У РЕДАКЦІЇ ЖУРНАЛУ**

Видавець ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»

Рекомендовано до друку вченою радою ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» (протокол № 7 від 03.12.2009 р.)

Адреса редакції та видавця: просп. Визволителів, 1, Київ, 02660,
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»

тел. (044) 516-52-85, e-mail: redakpbis@urdisc.com.ua

Оригінал-макет підготовлений редакцією журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»

Комп'ютерна верстка – **Цапро Т.І.**

Дизайн обкладинки – **Кучер А.В.**

Підписано до друку 04.12.2009 р. Формат 60 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.

Тираж 300 прим.

Віддруковано ПП «Видавництво «Досконалий друк», вул. Академіка Заболотного, 20-А, м. Київ, тел. 490-33-12

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1587 від 02.12.2003 р.

Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом
Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції
Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори
За зміст реклами відповідає подавач
Редакція не завжди поділяє думку авторів
Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали



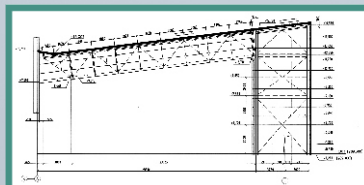
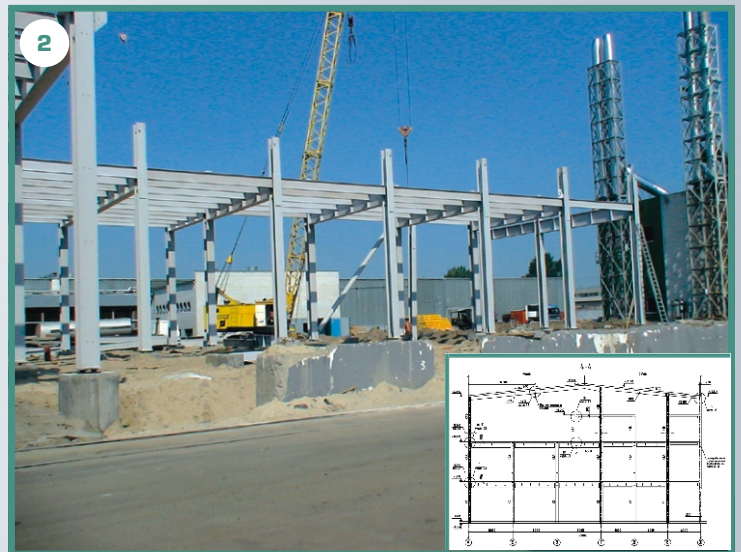
ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського»

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ТА ПРОЄКТНИЙ ВІДДІЛ ЦИВІЛЬНИХ І ПРОМИСЛОВИХ СПОРУД

Науково-дослідний та проєктний відділ цивільних і промислових споруд ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського» протягом 2006–2009 років виконав проєкти металевих конструкцій багатьох споруд промислового призначення.

Всі зазначені та інші промислові об'єкти побудовані та введені в експлуатацію.

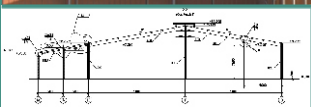
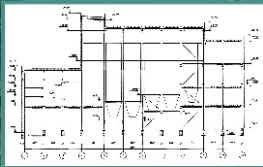
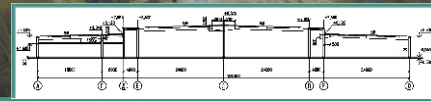
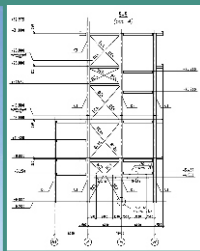
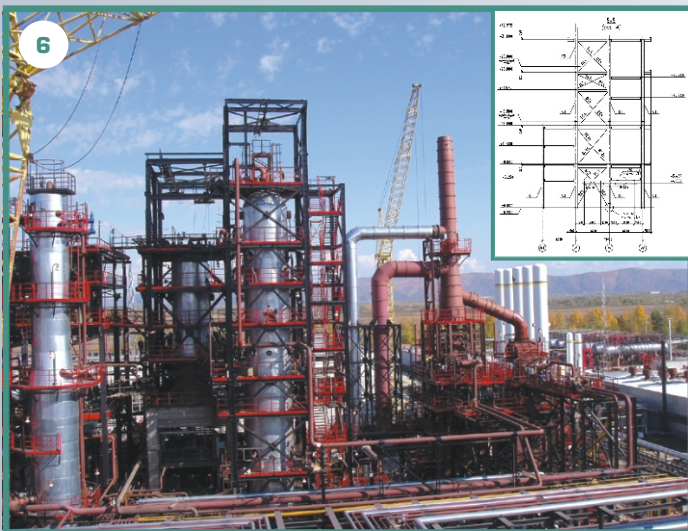
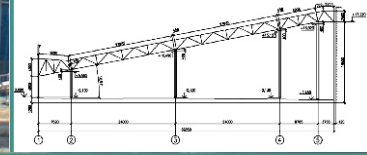
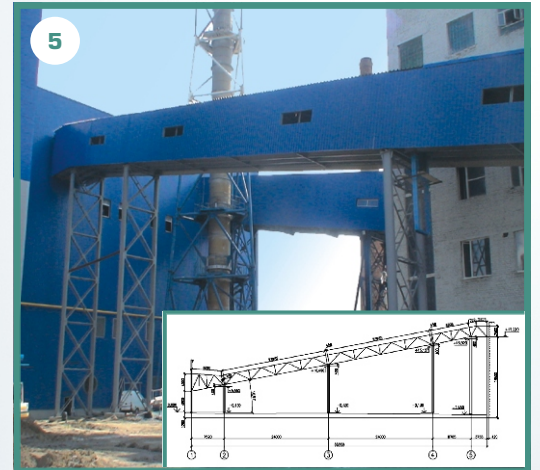
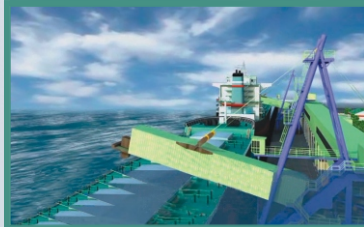
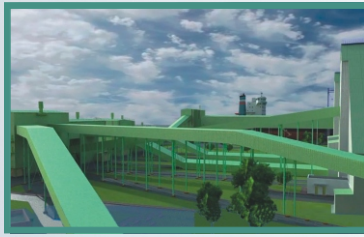
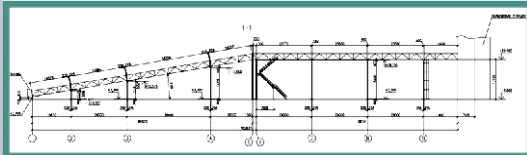
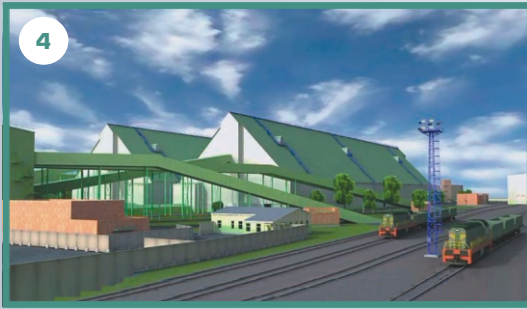
Відділ має великий досвід у проєктуванні та реалізації проєктів об'єктів промислового призначення та гарантує високу якість та надійність металоконструкцій будівель.



- 1 Багатоповерховий виробничий корпус цеху кальцинації (промислова етажерка) глиноземного заводу у м. Миколаєві.
- 2 Промисловий корпус лінії розливу пива ЗАТ «Оболонь» у м. Києві.
- 3 Комплекс промислових будівель солодового заводу ЗАТ «Оболонь» у смт Чермерівці Хмельницької обл.



БУДІВЛІ ПРОМИСЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ



- 4 Транспортні галереї та башти пересилання перевантажувального терміналу в м. Усть-Луга Ленінградської обл (РФ).
- 5 Промислова галерея склосаводу у м. Гостомель Київської обл.
- 6 Корпус установки висбрекінгу ВАТ «Салаватнафтооргсинтез» (РФ).
- 7 Головний корпус заводу птахопродуктів у с. Степанці Канівського району Київської обл.
- 8 Складальний корпус та транспортна галерея заводу скловиробів у с. Пісківці Київської обл.
- 9 Харчова фабрика «PASA» в Київській обл.

Звертайтеся до нас із замовленнями !
 пр. Визволителів, 1, м. Київ, 02660,
 тел. (044) 516-55-83, 543-98-62, 543-95-43
 e-mail: harchenko@urdisc.com.ua