

**ОПЫТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ  
РЕКОНСТРУКЦИИ И СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ  
НСК «ОЛИМПИЙСКИЙ» К ЕВРО-2012**

Слюсаренко Ю.С.

ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций»

Шимановский А.В.

ООО «Укринсталкон им. В.Н. Шимановского»

Галинский А.М.

Научно-исследовательский институт строительного производства  
г. Киев, Украина

**АННОТАЦИЯ:** У статті розглядаються питання комплексного науково-технічного супроводу на всіх етапах реконструкції Національного спортивного комплексу «Олімпійський» в Києві, приуроченої до ЄВРО-2012 за наявності поєднання складних природних, географічних, геологічних, містобудівних та економічних умов.

**АННОТАЦИЯ:** В статье рассматриваются вопросы комплексного научно-технического сопровождения на всех этапах реконструкции Национального спортивного комплекса «Олимпийский» в Киеве, приуроченной к ЕВРО-2012 при наличии сочетания сложных природных, географических, геологических, градостроительных и экономических условий.

**ABSTRACT:** The article considers the issues of complex scientific and technical support on all stages of reconstruction of the National sports complex «Olympic» in Kiev, dedicated to the EURO-2012 in the presence of a combination of complex natural, geographical, geological, urban planning and economic conditions.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Научное сопровождение, строительные нормы, проектное решение.

Среди путей решения проблем, стоящих перед строительством на современном этапе, можно выделить широкое использование ресурсов строительной науки непосредственно при создании строительных объектов. Такая деятельность строительной науки получила название научно-технического сопровождения. Отдельные элементы научного сопровождения и раньше применялись при строительстве крупных объектов, но именно в последние годы эта деятельность приобретает постоянный и комплексный характер.

Одним из выдающихся объектов строительства в Украине в последние годы стала реконструкция Национального спортивного комплекса «Олимпийский» в Киеве, на котором состоялись матчи Чемпионата Европы по футболу 2012 года. Реконструкция НСК была запланирована как сложная разноплановая задача, предусматривающая разработку и реализацию многих нетрадиционных технических, технологических и организационных решений, недостаточно урегулированных строительными нормами и не имеющих значительного опыта применения. Сооружение такого сложного и масштабного объекта не могло быть осуществлено без комплексного научно-технического сопровождения на всех этапах проектирования и строительства.

Проект реконструкции стадиона «Олимпийский» предусматривал восстановление спортивной арены и трибун с сохранением конструкций верхнего яруса и заменой нижнего яруса. Двухъярусная чаша стадиона овальной формы размерами 310x220 м из железобетонных конструкций обеспечивает размещение до 69 тысяч зрителей (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид НСК «Олимпийский»

Стадион после реконструкции отличается в первую очередь комфортом и выполнением требований UEFA. Он остался также как арена для проведения легкоатлетических соревнований международного уровня. Одно из требований к комфортности стадиона - возможность его работы при любой погоде.

Необходимая защита зрителей обеспечивается устройством покрытия из светопрозрачного материала над трибунами. Для этого сооружен пространственный вантовый навес, состоящий из синтетической мембраны, армированной стекловолокном, которая растянута стальными канатами-оттяжками между кольцевыми распорными поясами.

Нижний и верхний ярусы трибун конструктивно разделены на 80 секторов. Нижний ярус трибун полностью смонтирован из новых конструкций. Верхний ярус трибун имеет в своем составе три участка: 59 секторов сохранены и восстановлены; 4 сектора при реконструкции были разобраны, отремонтированы в заводских условиях и повторно смонтированы; остальные 17 секторов выполнены из новых конструкций, эти элементы также выполняют функции покрытия здания VIP-корпуса, которое возведено на месте демонтированных трибун.

Проектные решения навеса разработаны немецкой фирмой GMP, элементы вантовой системы изготовлены фирмой Briton, а несущие металлоконструкции – «Мастер Профи Украина».

Навес расположен над трибунами стадиона и оставляет открытым футбольное поле. Принципиальная схема навеса являет собой вантовую двупоясную систему, подвешенную к внешнему опорному контуру, который состоит из 80 колонн, размещенных по периметру трибун и связанных между собой кольцевыми поясами в двух уровнях по высоте. По вантам нижнего пояса располагаются тканевое полотно мембранного покрытия общей площадью 45 тыс. м<sup>2</sup>. Вылет вантовых ферм составляет до 69 м.

Конструктивная система навеса, как и сам монтаж такой системы, являются уникальными в строительной отрасли Украины. Для установления и выверки опорных металлоконструкций были разработаны специальные методы монтажа и монтажная оснастка, в процессе монтажа были выполнены значительные объемы научного сопровождения.

Реконструкция Национального спортивного комплекса осуществлялась при наличии сочетания сложных природных, географических, геологических, градостроительных и экономических условий. К усложняющим факторам следует отнести:

- Сложный рельеф и инженерно-геологические условия территории с наличием крутых оползневых склонов, насыпных и просадочных грунтов, высокого уровня подземных вод.

- Наличие на территории НСК большого количества существующих зданий, сооружений, подземных инженерных сетей со сроком эксплуата-

ции до 100 лет и более, некоторые из которых имели историческую или хозяйственную ценность и сохранялись при реконструкции.

- Расположение НСК “Олимпийский” в центре города Киева, на относительно небольшой территории, плотно окруженной объектами городской застройки.

- Наличие сейсмической опасности, усложненной высоким уровнем подземных вод, которая раньше не предусматривалась строительными нормами и к которой не были приспособлены сооружения, построенные на территории НСК.

Для организации работ по научно-техническому сопровождению реконструкции НСК на начальном этапе были осуществлены все необходимые меры, предусмотренные ДБН В.1.2-5:2007: принятие решения Заказчиком о необходимости научного сопровождения и назначении НИИСК главным исполнителем сопровождения; обращение Заказчика в Минрегионстрой и получение согласования; назначение руководителя научно-технического сопровождения; разработка Программы и общего перечня мероприятий. Каждый год НИИСКом готовились годовые перечни работ, которые согласовывались с Заказчиком. В конце каждого года готовились сводные отчеты о выполнении работ по сопровождению.

К работам по научному сопровождению были привлечены ведущие научные институты, в том числе НИИСП, КНУСА, Институт стальных конструкций им. Шимановского, НИИ пожарной безопасности, институты Академии наук Украины: Технической теплофизики, Геофизики им. Субботина, Электросварки им. Патона и другие организации.

Работы по научно-техническому сопровождению реконструкции НСК «Олимпийский» условно разделяются на три основных направления:

- сопровождение разработки строительных конструкций, проектирования зданий и сооружений стадиона;

- сопровождение проектирования и сооружения навеса над трибунами;

- сопровождение выполнения строительного-монтажных работ.

**Из работ первого направления (ведущий – НИИСК) можно выделить следующие:**

- *Обследование существующих конструкций и сооружений стадиона*

В течение последних десятилетий проводились неоднократные визуальные и инструментальные обследования трибун, на основании которых выполнялись их ремонтно-восстановительные работы. В 2008-2009 годах проведены комплексные обследования конструкций трибун, в ходе которых были обнаружены многочисленные повреждения конструкций, вызванные длительной эксплуатацией в сложных условиях.

На основе анализа обнаруженных дефектов и повреждений, причин

их возникновение и развития были разработаны рекомендации по ремонту и восстановлению элементов. Выполнена расчетная оценка несущей способности конструкций на новые проектные нагрузки с учетом фактических параметров армирования и прочности бетона. Определены предельные параметры нагрузок, которые не должны превышать при разработке проекта реконструкции стадиона.

*- Обследование зданий и сооружений окружающей застройки*

Задачи, которые решались при проведении обследований, имели целью кроме непосредственной фиксации технического состояния зданий, также оценку возможного влияния на них от строительных работ определенного этапа реконструкции НСК.

*- Определение сейсмических требований к проектированию на территории НСК*

Согласно современным строительным нормам, для проектирования наиболее ответственных объектов необходимо учитывать сейсмические условия площадки. Оценка сейсмических условий выполнялось специалистами Национальной академии наук. Было выполнено сейсмическое микрорайонирование территории НСК. Определены расчетные параметры сейсмичности на разных участках территории НСК с учетом фактических грунтовых условий, оказавшиеся равными от 6 до 7 баллов.

*- Моделирование и расчеты несущей способности железобетонных конструкций наиболее ответственных зданий и сооружений комплекса*

Дублирующие расчеты являются одним из наиболее распространенных видов работ в составе научно-технического сопровождения строительных объектов на стадии проектирования. Выполнение дублирующих расчетов с элементами научного поиска, использованием новых программ, расчетных методов и моделей, которые наиболее адекватно воспроизводят фактическую работу конструкций и материалов, позволяет значительно повысить надежность и эффективность проектирования конструкций, зданий и сооружений.

В общем комплексе работ по дублирующим расчетам следует отметить следующие:

- расчеты существующих конструкций трибун верхнего яруса;
- расчеты других существующих сооружений при реконструкции;
- расчеты новых сооружений комплекса.

На основе инструментальных исследований были определены величины динамических нагрузок на конструкции трибун. При этом учитывались данные исследований сейсмичности площадки и возможные динамические нагрузки от болельщиков на трибунах.

Разработана пространственная расчетная модель трибун верхнего яруса стадиона. Выполнены расчеты на статические и динамические воздействия. По результатам расчетов выполнена проверка достаточности

несущей способности колонн, балок, панелей трибун, ростверков.

По результатам сплошного визуального и инструментального исследования фундаментов было установлено, что техническое состояние большинства фундаментов является неудовлетворительным или аварийным. Обнаружено, что фактическая длина свай фундаментов меньше проектной в 1,1...8 раз. Параметры рабочего армирования 30% обследованных свай, определенные магнитным методом, оказались существенно ниже проектных значений.

В усилении нуждались почти все фундаменты под колоннами верхнего яруса трибун. При этом в некоторых фундаментах были усилены лишь ростверки, а другие фундаменты нуждались в комплексном усилении (дополнительные сваи и усиление ростверков).

*- Экспериментальные исследования несущей способности элементов существующих трибун и установление их соответствия новым проектным требованиям.*

Трибуны верхнего яруса были построены в 1967 году и до реконструкции эксплуатировались на открытом воздухе свыше 40 лет. За длительное время железобетонные конструкции трибун испытывали разные эксплуатационные нагрузки и атмосферные влияния и в них происходили процессы, которые приводили к снижению эксплуатационных качеств. Кроме того, за указанные годы значительно изменились проектные требования к конструкциям, обусловленные новыми нормами. По этим причинам одной из первых задач, поставленных на стадии реконструкции, была проверка соответствия существующих железобетонных конструкций трибун новым проектным требованиям и обоснование возможности последующей эксплуатации этих конструкций на длительный период (свыше 50 лет).

Для решения поставленной задачи были выполнены следующие работы: детальное обследование конструкций и определение их технического состояния; расчеты конструкций на нагрузки и воздействия по требованиям действующих строительных норм; механические испытания отдельных панелей. В результате расчетов и испытаний образцов обоснован вывод о том, что существующие панели отвечают требованиям действующих норм и стандартов и могут быть рекомендованы к применению как несущие конструкции трибун верхнего яруса НСК.

*- Экспериментальные исследования новых сборных железобетонных конструкций.*

В связи с большим количеством новых сборных железобетонных изделий для формирования трибун стадиона, их производство было распределено между несколькими заводами. Согласно действующим нормам из постановления на производство сборных железобетонных конструкций, в НИИСК были проведены испытания образцов конструкций на прочность,

деформативность и трещиностойкость.

*- Испытание новых металлических и сборных железобетонных конструкций*

В ходе научно-технического сопровождения был выполнен значительный объем испытаний новых металлоконструкций ограждений верхнего яруса трибун, а также анкерных элементов и узлов крепления сидений для зрителей, согласно требованиям УЕФА.

*- Исследование огнестойкости железобетонных конструкций трибун*

За годы эксплуатации НСК «Олимпийский» значительно изменились требования строительных норм по огнестойкости конструкций, и для определения соответствия существующих конструкций трибун этим требованиям возникла потребность в их исследованиях и испытаниях на огнестойкость. Для решения этой задачи выполнен комплекс экспериментальных работ по определению огнестойкости разных типов железобетонных панелей-складок трибун стадиона. Результаты позволили значительно сократить сроки восстановления трибун верхнего яруса и сохранить их исторический внешний вид, а также существенно снизить финансовые расходы на реконструкцию стадиона в целом.

*- Исследование прочности и долговечности ремонтных материалов и покрытий существующих железобетонных конструкций.*

Наиболее важной целью реконструкции трибун верхнего яруса, которые были в эксплуатации свыше 40 лет, стало восстановление их внешнего вида и обеспечение надлежащей дополнительной долговечности. Для оптимизации системы покрытия панелей были проведены экспериментальные работы по определению адгезии и когезии в системе многослойных покрытий, выбору материалов и технологий для ремонтных работ.

**Из работ второго направления (ведущий Инсталькон) можно выделить следующие:**

*- Дублирующие расчеты прочности, устойчивости и колебаний конструкций навеса*

Уникальность конструкции навеса над трибунами, новые технологии его монтажа и высокие требования к надежности, а также тот факт, что проектирование навеса проводилось на основании иностранных норм, обусловили необходимость детальной проверки возможности наступления критических состояний в его наиболее ответственных несущих конструктивных элементах, в соответствии с требованиями национальной нормативной базы. С этой целью проведено конечно-элементное моделирование статической и динамической прочности, устойчивости и колебаний конструкции навеса при наиболее неблагоприятных сочетаниях нагрузок.

*- Моделирование и расчеты огнестойкости металлоконструкций навеса*

Обеспечение огнестойкости несущих конструкций навеса над трибунами, ввиду большого количества болельщиков и персонала во время футбольных матчей, стало одним из важнейших и самых сложных задач, которые были поставлены при реконструкции стадиона. Ввиду больших размеров сооружения, выполнение его испытаний было технически невозможно. Поэтому определение огнестойкости конструкций навеса было выполнено методом компьютерного моделирования, которое предусмотрено действующими строительными нормами, но из-за большой сложности еще не получило значительного распространения.

Оценка огнестойкости выполнялась расчетным методом в режиме реального пожара (рассмотрено 3 сценария пожара). На основании выполненных исследований было принято принципиальное проектное решение об отказе от дополнительной огнезащиты металлоконструкций навеса над трибунами, благодаря чему достигнуто значительное снижение продолжительности строительных работ по сооружению навеса и стоимости строительства.

*- Разработка технологии и оснастки для монтажа навеса над трибунами*

На НСК "Олимпийский" реализовано уникальное инженерное решение по монтажу вантовой системы навеса над трибунами. Колонны навеса (при массе каждой до 50 т) опираются на опоры шарнирно, и до полной сборки всего опорного контура и превращения его в единую рамную систему каждую из колонн при монтаже следовало временно удерживать в необходимом проектном положении. Привычные для отечественной практики приемы последовательного поэтапного монтажа с выполнением большого объема монтажной сварки (при требованиях достижения высокой точности сборки) здесь оказались неприемлемыми.

Элементы вантовой системы изготавливались зарубежными производителями, и возвращение их производителю на исправление или доработку не предусматривалось. Проектом была задана высокая точность изготовления. В связи с большими размерами элементов монтируемых конструкций следовало учитывать изменения температур, так как монтаж вели и летом и зимой.

Способ монтажа вантовой системы был разработан фирмой "Hitex", которая предоставила на монтажную площадку монтажное оборудование. Монтаж системы можно было вести только после установления в проектное положение опорного контура.

Было принято решение о создании четырех сборочных стендов для укрупнения колонн, которое обеспечивало возможность передачи в монтаж по одной колонне в день.

Весь комплекс обеспечения высокоточного монтажа системы, с выполнением поэтапного контроля, созданием монтажного оборудования,



проведением постоянного научного сопровождения, позволил практически идеально совместить конечные элементы кольцевой системы с начальными. При этом расхождение при стыковке измерялось лишь десятками миллиметров, что при длине опорного контура свыше 900 м следует считать отличным результатом.

**Из работ третьего направления (ведущий – НИИСП) можно выделить следующие:**

- *Сопровождение процессов управления качеством*

Обеспечение необходимого уровня качества осуществлялось во время разработки проектов выполнения работ, технологических карт, схем контроля, регламентов и другой документации, формируя количественные показатели качества, их оптимальный уровень и исходные данные для обеспечения качества строительных материалов, изделий, конструкций, выполнения строительно-монтажных работ.

- *Геодезическое сопровождение строительства и инструментальный контроль ответственных конструкций и зданий*

Важным пунктом европейских требований к реконструкции НСК был обязательный мониторинг состояния ответственных конструкций в период строительства.

Инструментальный контроль точности геометрических параметров металлоконструкций навеса и контроль их планово-высотного положение выполнялся геодезическими методами. Контроль точности планово-высотного положения металлических конструкций выполнялся во время поднятия и закрепления вантовой системы навеса и во время увеличения нагрузок на ванты. Контролю подлежали также подпорные стены склонов вокруг стадиона.

- *Сопровождение работ по строительству новых конструкций трибун*

Постоянному инструментальному контролю подлежали следующие работы:

- *Устройство несущих наклонных ригелей нижнего и верхнего ярусов трибун;*

- *Монтаж сборных панелей-складок и бортовых элементов трибун;*

- *Монтаж панелей трибун в труднодоступных местах установкой УМС-1.*

Проектом реконструкции НСК было предусмотрено установление 540 сборных панелей-складок нижнего яруса трибун на наклонных монолитные ригели в зоне, которая расположена под верхним ярусом существующих трибун.

В процессе научных исследований и разработки ПВР было установлено, что проводить монтаж складок под верхним ярусом трибун как со

стороны футбольного поля, так и с площадок около колонн верхнего яруса трибун известными грузоподъемными механизмами невозможно. НИИСП разработал и изготовил установку УМС-1, которая состоит из двух направляющих балок и портала. Портал мог двигаться по направляющим балкам с помощью двух лебедок и монтировать панели.

*- Моделирование и расчеты удерживающих сооружений на оползнеопасных склонах*

Территория НСК расположена около Черепановой горы. Перепад отметок поверхности земли достигает 58 м. До реконструкции склоны горы удерживались подпорными стенами и находились в устойчивом состоянии. Для увеличения пространства вокруг стадиона и устройства объездной дороги была построена новая группа подпорных стен. В результате выполненных геотехнических работ и их научного сопровождения удалось стабилизировать состояние склона и обеспечить надежное функционирование сооружений.

*- Моделирование и расчеты инженерной защиты территории НСК от подтопления*

При реконструкции решалась задача оценки влияния работ из реконструкции на режим гидрогеологии как в районе футбольного поля, так и на прилегающих к стадиону территориях и, в случае необходимости, разработка эффективной системы защиты территории от подтопления.

Институтом «УкрНИИводоканалпроект» было выполнено обоснование системы инженерной защиты территории НСК от подтопления. Целью создания геофильтрационной модели было определение влияния работ по реконструкции на режим гидрогеологии в районе футбольного поля, других зданий, с учетом сезонного колебания грунтовых вод.

В результате решения прогнозных задач определен подъем уровня грунтовых вод при устройстве свайных фундаментов, а также оценено влияние поднятия уровня воды на водоприток в чашу стадиона. По результатам моделирования доказана необходимость строительства дренажной системы для снижения уровня грунтовых вод в пределах игрового поля, подтрибунных помещений и паркинга. Запроектированные дренажи являются природоохранной мерой, призванной нивелировать последствия техногенной нагрузки и улучшить инженерно-геологические условия после реконструкции НСК.

*- исследование влияния вибрации на конструкции стадиона и прилегающие здания*

При выполнении работ по реконструкции строительные конструкции стадиона и расположенные вблизи здания испытывали значительное вибрационное влияние от работы машин и механизмов, которые работали на строительной площадке. На территории НСК выполнялся большой объем работ по разрушению существующих железобетонных конструкций с

общим объемом разрушения свыше 6000 м<sup>3</sup>. Осуществлялось бурение свыше 2,5 тысяч скважин под сваи зданий. Задачей научного сопровождения было проведение исследований и определение мер по уменьшению влияния вибрации на строительные конструкции с целью их сохранения.

*- Сопровождение технологии гидроизоляционных работ*

При выполнении научно-технического сопровождения сложных технологических процессов разрабатывались технологические последовательности работ по устройству гидроизоляции, технологические карты, схемы контроля качества, где предусматривались мероприятия по обеспечению сохранения уже выполненных гидроизоляций.

С учетом сложности и сроков выполнения строительно-монтажных работ на объекте, для гидроизоляции строительных конструкций VIP-зоны и подземного паркинга была принята новейшая технология устройства гидроизоляционного ковра, который свободно лежит на поверхности изолируемой конструкции из полотнищ рулонного материала, сваренного в единую гидроизоляционную мембрану. Был проведен анализ новой технологии устройства гидроизоляции и выработаны рекомендации по выполнению работ.

*- Сопровождение сметного нормирования сложных нетрадиционных строительных работ*

В условиях жестких темпов строительства на НСК для обеспечения эффективного и своевременного применения новых технологий необходимо было учитывать отсутствие нормативно-правовой базы, которая отвечала бы запросу времени относительно использования современных технологий, машин и механизмов, отображала бы соответствующие расходы ресурсов и была основой для установления стоимости такого уникального строительства. В составе сопровождения технологических процессов выполнялись исследования трудоемкости нетрадиционных строительных работ, при участии подрядных организаций разрабатывались индивидуальные ресурсные сметные нормы на строительные работы и ресурсные сметные нормы эксплуатации машин и механизмов, которые не предусмотрены государственными нормативами.

Опыт реконструкции НСК «Олимпийский» подтверждает тезис о необходимости и эффективности научно-технического сопровождения при строительстве и реконструкции больших и сложных строительных объектов, что способствует повышению их надежности и безопасности (рис. 2). Опыт свидетельствует о том, что на научное сопровождение, как правило, затрачивается не более 1% средств от стоимости строительства, а экономическая эффективность от привлечения научных работников, в результате оптимизации конструктивных и технологических решений, в десятки раз превышает понесенные расходы.

Вследствие ограниченности бюджетного финансирования, в период

реконструкции НСК не удалось реализовать все предложения относительно выполнения исследований, что очевидно не дало возможности наиболее полно раскрыть все позитивные качества сооружения и обнаружить все возможные угрозы его для долговременной эксплуатации в нормальном режиме.



Рис. 2. Общий вид трибун и вантового покрытия на завершающем этапе работ

Так, не были проведены вибродинамические испытания конструкций навеса над трибунами, полезность которых для выявления возможных дефектов доказана на многих объектах. Также не выполнены акустические исследования спортивной арены при разных режимах эксплуатации, исследования фактических показателей снежных отложений на кровле навеса, исследования энергоэффективности сооружений, результаты которых могли принести значительную пользу как для НСК, так и для проектирования других подобных объектов. Все это обуславливает необходимость продолжения научного сопровождения НСК «Олимпийский» на стадии его эксплуатации, как это и предусмотрено действующими строительными нормами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Слюсаренко Ю.С. Науково-технічний супровід реконструкції національного спортивного комплексу «Олімпійський» в м. Києві // Слюсаренко Ю.С., Шимановський О.В., Галінський О.М. – К.: Сталь, 2013. –325с.

## REFERENCES

1. Slyusarenko Y.S. Scientific and technical support of the reconstruction of the national sports complex "Olympic", in Kiev // Slyusarenko Y.S., Shimanovsky O.V., Galinsky O.M. - K.: Steel, 2013. –325 p.

Статья поступила в редакцию 15.11.2013 г.