

УДК 624.014.074:69.036:725.826

## **Особенности реконструкции областного спортивного комплекса «Металлист» в г. Харькове**

**Терещенко Ю.И.**

Харьковское комплексное отделение  
ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского», Украина

**Анотація.** Викладені основні концептуальні рішення, прийняті при проектуванні реконструкції стадіону ОСК «Металіст». Приведений опис конструктивного рішення залізобетонних трибун стадіону. Відмічена особливість реалізації металевих конструкцій покриття над трибунами, виконаного у вигляді окремо розташованої системи, не пов'язаної з існуючими трибунами. Описана технологія виготовлення і монтажу металоконструкцій покриття укрупненими блоками. Представлені результати випробувань моделі покриття в аеродинамічній трубі, а також вказані деякі відмінності отриманих даних від тих, що рекомендуються чинними нормативними документами для подібних споруд.

**Аннотация.** Изложены основные концептуальные решения, принятые при проектировании реконструкции стадиона ОСК «Металлист». Приведено описание конструктивного решения железобетонных трибун стадиона. Отмечена особенность реализации металлических конструкций покрытия над трибунами, выполненного в виде отдельно стоящей системы, не связанной с существующими трибунами. Описана технология изготовления и монтажа металлоконструкций покрытия укрупненными блоками. Представлены результаты испытаний модели покрытия в аэродинамической трубе, а также указаны некоторые отличия полученных данных от данных, рекомендуемых действующими нормативными документами для подобных сооружений.

**Abstract.** The basic conceptual technical solutions, accepted during elaboration of design aimed at reconstruction of Stadium «Metallist» attached to Regional Sporting Complex are highlighted. The description of a system of reinforced concrete stands at the Stadium is given. A peculiarity in implementation of metalwork used in roof system over the stadium is shown. Such constructions are performed in the form of a system located separately and having no connection with the existing stands. Fabrication and erection technology is presented in details with the use of enlarged units. Results of wind tunnel tests as applied to roof system model are given also, including demonstration of some distinctions in obtained data as compared with recommended normative documents in force used for similar structures.

**Ключевые слова:** реконструкция, стадион, трибуны, покрытие, изготовление, монтаж, расчет, аэродинамические испытания.

Проект реконструкции ОСК «Металлист» разработан институтом «Харьковпроект» (генеральное проектирование) и Харьковским комплексным отделением института «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского» (металлические конструкции трибун и покрытия) с учетом стандартов УЕФА, предъявляемых к подобным сооружениям. Проектом

предусмотрено проведение реконструкции стадиона в следующей последовательности: демонтаж существующего и возведение нового конструктива восточной трибуны, переоборудование западной, северной и южной трибун, а также устройство металлоконструкций покрытия в пределах каждой из трибун. Ниже представлено описание основных концептуальных и конструктивных решений, которые были приняты при проектировании реконструкции стадиона ОСК «Металлист».

**Концептуальное решение.** Стадион имеет современное архитектурно-компоновочное решение и органично вписан в окружающую городскую среду, его конструктивно рациональная форма и технологичная планировка обеспечивают повышенную комфортность и безопасность посетителей. Стадион рассчитан на 38,6 тысяч зрителей, его площадь составляет около 20000 м<sup>2</sup>, а размеры натурального газона футбольного поля равны: длина – 105 м и ширина – 68 м. Общая площадь застройки ОСК «Металлист» около 85000 м<sup>2</sup> (рис. 1).

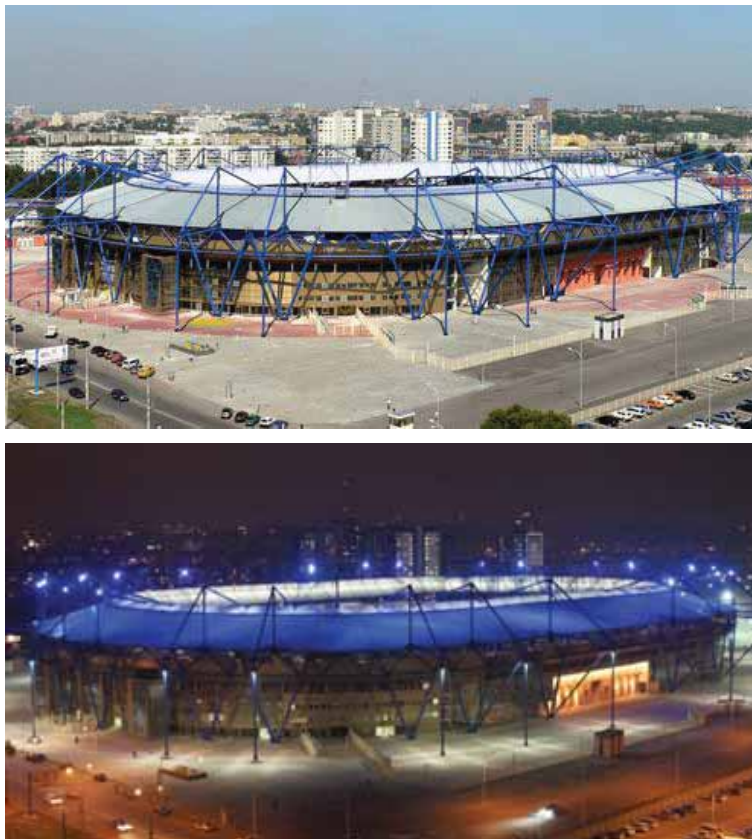


Рис. 1. Общие виды стадиона ОСК «Металлист»

Реконструкція стадіона, помімо собствено реконструкції его чаши, включає устрійство 5-етажного багатофункціонального корпусу, покриття над трибунами, електроподстанції потужністю 500 кВт і значительной комерческoї зони. Крім того, передбачено повне оновлення пристаціонанної інфраструктури путем створення автостоянок для футбольних команд, автостоянки для офіціальних лиц, VIP-посетителей, представителів СМІ і болельщикoв, а також путей незалежного і безпечного прохода і евакуації зрителів. Для цього територія вoкруг стадіона розбита на відлененні друг oт друга сектори, кожний із котрих має свої собствених виходи с 88 турникетами, із котрих 74 повноростових, 12 стандартних (в т.ч. 4 для VIP-посетителей) і 2 для інвалідoв.

В 5-етажном багатофункціональном корпусе верхний етаж oтведен для розміщення зрительських лож і других удoбств для VIP-посетителей, в том числe 7 скай-боксов, а на остальних етажах знаоуться функціональні і техніческe помешчення, необхідні для нормальнoї роботи стадіона, прeсс-центр на 300 человек, помешчення для телевидення, операторoв, коментаторoв і охранны, ресторан на 360 мест, бары, офісы і пр. Помешчення футбольнoї інфраструктури (раздевалки для футболистoв і арбитрoв, тренувачний зал, комна делегатoв УЕФА ілї ФФУ, лечебно-восстановительний центр і др.) знаоуться нїже урoвня землї.

На стадіонe демoнтирована старая (базировавшаяся на чeтырех oтдельно стоящих мачтах) і устанoвлена новая система освещення, расположенная непосредственно на і над покриттeм і oбеспечивающая освещенность поля на урoвнe 2400 люкс (рис. 2, а, б). Крім того, на стадіонe устанoвленні два світoдїoдних табло і світoдїoдна рекламная лїнія, расположенная по периметру поля со сторoны северной, восточной і южной трибун. Також к покриттю подвешена передвигающаяся над полем система «Spidercam», позволяющая получать изображенїя в любой точкe поля как с урoвня землї, так і с высоты «птичьего полета». Под трибунами стадіона передбаченні помешчення комерческoго значення (рис. 2, в, г).

Наиболее ответственным і сложным элементом стадіона ОСК «Металлїст» является покриттe над трибунами, вылет которого достїгает 36 м, площадь – 24860 м<sup>2</sup> (в т.ч. світoпрозрачная зона вдоль внутрeнного периметра площадью 7765 м<sup>2</sup>), а oбщая масса металлїческїх конструкцій – 3,5 тыс. т, выполнено с применением консольно-ферменной конструктивной схeмы, удачно сочетающей архитектурно-эстетическe і експлуатационнe свойства. Oтличительной особенностью покриття является то, что все его 24 металлїческe V-образные опорные стойкї не опираются на трибуны (і тем самым не передают на нїх допoлнительную нагрузку), а вынесены за чашу стадіона. Примененное решенїе позволило не только

полностью накрыть все зрительские места на трибунах стадиона вплоть до их первых рядов, но и увеличить их количество.



Рис. 2. Система освещения стадиона ОСК «Металлист» (а, б)  
и многофункциональный корпус с подтрибунными помещениями  
коммерческого назначения (в, г)

**Конструктивное решение.** Главным фактором, определившим конструктивное решение покрытия трибун стадиона, явилось невосприятие существующими конструкциями трибун значительных дополнительных нагрузок. Поэтому несущие конструкции покрытия приняты в виде отдельно стоящей системы, не связанной с существующими конструкциями стадиона (рис. 3, 4).

Каркас покрытия решен в виде замкнутого опорно-подстропильного контура, состоящего из опирающихся на железобетонные фундаменты с шагом от 16 м до 64 м V-образных опорных стоек высотой 22,3 м и связывающих эти стойки подстропильных ферм высотой 6 м с отметкой оси верхнего пояса 24 м (рис. 4, 5). В 20 м от опорно-подстропильного контура расположены внешние опорные стойки поперечных рам, также объединенные в общую систему каркаса. В свою очередь, к внешним опорным стойкам через систему раскосов подвешены стропильные фермы над трибунами.

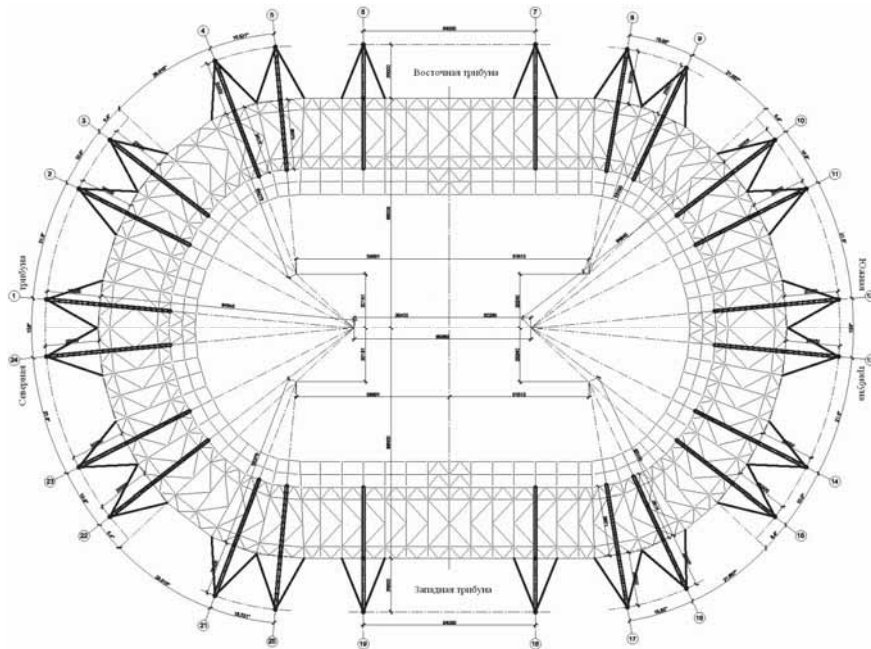


Рис. 3. Принципиальная схема несущих конструкций покрытия трибун стадиона ОСК «Металлист»

К стропильным фермам поперечных рам на расстоянии 26,25 м от V-образных опорных стоек подвешены подстропильные фермы высотой 6 м с отметкой верхнего пояса 32,25 м, разделяющие стропильные фермы на две части – основную пролетом 26,25 м и консольную вылетом 9,75 м. Шаг стропильных ферм принят от 8,0 м до 9,0 м, а в отдельных местах достигает 12,0 м. Основная часть стропильных ферм запроектирована высотой 3,0 м с параллельными поясами, уклон которых составляет 17,8° от футбольного поля, и длиной панели 4,375 м.

В пролетах между фермами с шагом около 8,0 м установлена регулярная система прогонов, на которую укладывается кровельное покрытие. Кроме того по верхним поясам стропильных и подстропильных ферм установлен сплошной связевой диск, обеспечивающий в целом геометрическую неизменяемость и устойчивость всего покрытия.

Таким образом, в состав каждой поперечной рамы входят (рис. 4): опирающиеся на железобетонные фундаменты V-образная и внешняя опорные стойки высотой 22,3 м каждая; опорно-подстропильный контур; распорка на отметке 24 м между оголовком внешней опорной стойки и верхом опорно-подстропильного контура; стойка-надстройка, опирающая-

яся на отметке 24 м на опорно-подстропильный контур и поддерживающая систему подвески стропильной фермы над трибунами на отметке 39,5 м; раскос, соединяющий оголовки внешней опорной стойки на отметке 24 м и стойки-надстройки на отметке 39,5 м; стропильная ферма; раскос, соединяющий оголовок стойки-надстройки на отметке 39,5 м и верхний пояс стропильной фермы на отметке 32,25 м; тросовые растяжки, соединяющие оголовки внешней опорной стойки и стойки-надстройки с опорно-подстропильным контуром.

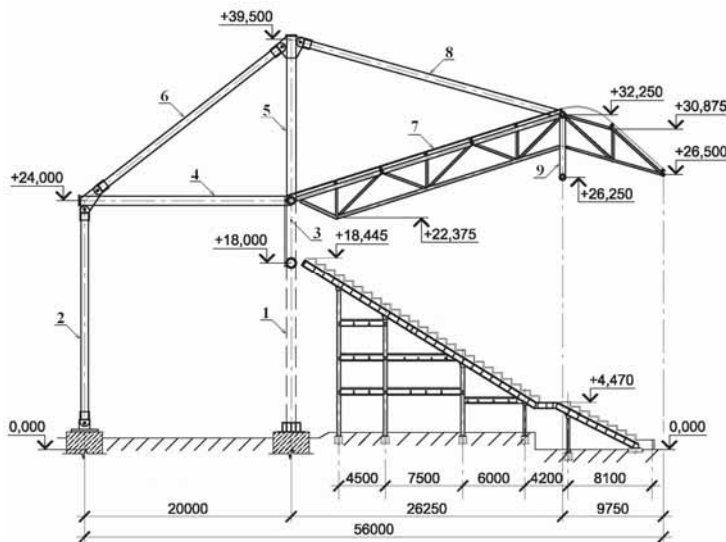


Рис. 4. Поперечное сечение восточной трибуны стадиона ОСК «Металлист»:

- 1 – V-образная опорная стойка; 2 – внешняя опорная стойка; 3 – опорно-подстропильный контур; 4 – распорка; 5 – стойка-надстройка; 6 – раскос; 7 – стропильная ферма; 8 – раскос; 9 – подстропильная ферма

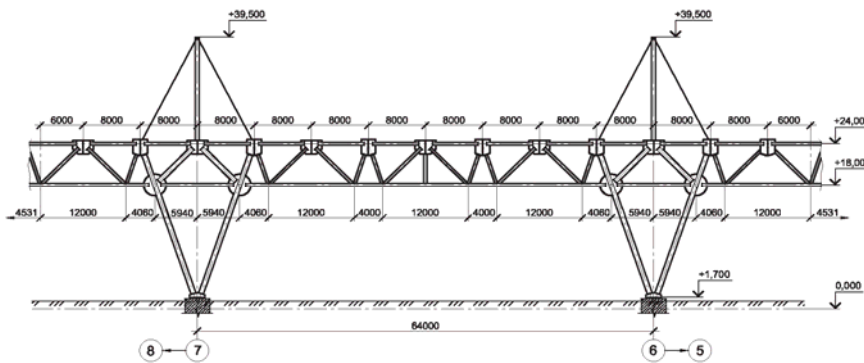


Рис. 5. Фрагмент опорно-подстропильного контура стадиона ОСК «Металлист»

Все конструктивные элементы покрытия максимально унифицированы по типоразмерам и видам профилей. Основные несущие конструкции покрытия выполнены из профилей трубчатого сечения диаметром от 219 мм до 720 мм с шарнирными соединениями, ограждающие – из оцинкованного профилированного листа, а светопрозрачная зона – из поликарбонатных листов. Прогонь покрытия принят коробчатыми, составленными из двух прокатных швеллеров. В состав покрытия включено также значительное количество вспомогательных конструктивных элементов, предназначенных для размещения и обслуживания различных инженерных систем и устройств, в том числе кольцевые площадки для обслуживания покрытия и размещения светотехнического оборудования, аудио-, теле-, видео- и радиотрансляционной аппаратуры, а также стенды для двух светодиодных табло с боксами для их обслуживания. Конструктивные элементы этих площадок приняты из стальных открытых и замкнутых профилей.

Из всех четырех трибун стадиона только одна – восточная – была демонтирована полностью (кроме исторической центральной фасадной части, являющейся памятником архитектуры) и на ее месте в соответствии с проектом была возведена новая трибуна (рис. 6). Поскольку принципиальные схемы всех четырех трибун стадиона отличаются незначительно (рис. 7), то рассмотрим только новое конструктивное решение восточной трибуны. Длина трибуны составляет около 110 м, а ширина – 33 м. Трибуна поднимается амфитеатром от уровня поля до отметки 18,2 м. В подтрибунном пространстве расположены вспомогательные помещения с утепленными ограждающими конструкциями, эвакуационные проходы и лестничные клетки.



Рис. 6. Общий вид восточной трибуны в процессе строительства



Рис. 7. Общий вид западной и северной трибун в процессе реконструкции

Несущий каркас трибуны принят в виде балочной клетки с неразрезными главными балками, опирающимися на расположенные с шагом 6 м стальные колонны. Балки перекрыты сборными железобетонными конструк-

циями, на которых расположены кресла для зрителей. Перекрытия подтрибунных помещений выполнены из монолитной железобетонной плиты по стальным балкам.

Устойчивость конструкции обеспечена вертикальными связями по колоннам каркаса, горизонтальными связями с распорками и дисками перекрытий в продольном направлении и упором главных балок в фундаменты на отметке 0.0 по ряду «А» в поперечном направлении.

**Изготовление и монтаж металлоконструкций.** Изготовление и монтаж металлических конструкций покрытия стадиона выполнены ООО «Стальконструкция». При проектировании покрытия особое внимание было обращено на технологичность изготовления и обеспечение возможности монтажа металлоконструкций укрупненными блоками с целью упрощения и ускорения строительных работ. Поэтому практически все металлические конструкции предварительно укрупнялись на уровне земли, а их монтаж проводился поэтапно в следующей последовательности (рис. 8): V-образные опорные стойки весом 39 т в осях 6, 7 и 29 т в осях 5, 8; фермы опорно-подстропильного контура весом 37 т; внешние опорные стойки; наклонные временные раскосы между фундаментами и внешними опорными стойками и распорки между оголовками внешних опорных стоек и верхом опорно-подстропильного контура; стойки-надстройки и раскосы, соединяющие оголовки внешних опорных стоек и стоек-надстроек; основная часть стропильных ферм; следующая поперечная рама; подстропильные фермы длиной 64 м; консольные части стропильных ферм, связи между осями 5 и 8, а также другие элементы покрытия, тросовые растяжки и распорки; осветительные и подвесные площадки.



Рис. 8. Общие виды металлических конструкций покрытия стадиона  
ОСК «Металлист» в процессе монтажа

**Расчет конструкций и результаты аэродинамических исследований.**

Расчет конструкций стадиона выполнен с использованием программно-вычислительного комплекса SCAD. Поскольку покрытие конструктивно не связано с трибунами стадиона, то оно было выделено в отдельный



расчетный конструктив. Расчетная схема покрытия достаточно точно отражает его пространственную конструктивную схему и включает все его основные несущие элементы.

Большое внимание при расчетах покрытия было уделено сбору нагрузок и определению их расчетных сочетаний, особенно определению реальной картины распределения ветрового давления по поверхности покрытия в связи с его нетривиальной геометрической схемой, что вызвало необходимость проведения испытаний модели покрытия в аэродинамической трубе (рис. 9, а).

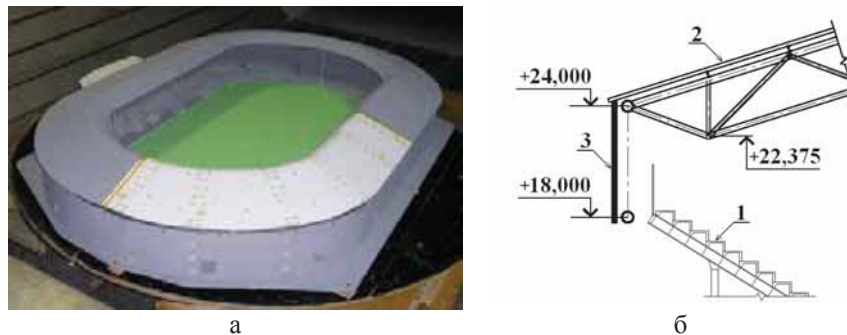


Рис. 9. Аэродинамическая модель покрытия стадиона (а) и схема расположения защитного экрана между верхними рядами трибун и покрытием (б): 1 – трибуна; 2 – покрытие; 3 – защитный экран

Было выполнено два варианта модели. В первом варианте между верхними рядами трибун и покрытием был установлен защитный экран, препятствующий сквозному току воздуха под покрытием (рис. 9, б), а во втором варианте этот экран отсутствовал. В результате испытаний были определены аэродинамические коэффициенты формы покрытия, с использованием которых было рассчитано ветровое давление. Анализ полученных результатов также показал, что второй вариант модели стадиона (в котором защитный экран отсутствует) приводит к лучшему распределению ветрового давления по поверхности покрытия по сравнению с первым вариантом, поэтому для дальнейших исследований был принят второй вариант. Полученные экспериментальные данные по ветровому давлению на покрытие оказались значительно меньшими, чем рекомендуемые действующими нормативными документами для подобных сооружений. Положительные величины давления ветра на покрытие проявились только в малых зонах и только лишь при некоторых направлениях ветра.

В заключение отметим, что реконструкция стадиона ОСК «Металлист» была начата в 2007 году и окончена в октябре 2009 года. Торжественное открытие стадиона состоялось 5 декабря 2009 года. При этом только в

период с мая по октябрь 2009 года стадион был закрыт для полного завершения всех строительных работ.

Стадион ОСК «Металлист» является единственным из четырех стадионов Украины, предназначенных для проведения финального турнира чемпионата Европы 2012 года по футболу, практически вся реконструкция которого была выполнена параллельно с проведением футбольных матчей Премьер-лиги Украины и Кубка УЕФА по футболу. Последнее явилось результатом того, что, во-первых, работы на стадионе выполнялись совмещенными методами и отдельными технологическими потоками, во-вторых, монтаж конструкций покрытия велся укрупнительными блоками и, в-третьих, реконструкция проводилась последовательно от трибуны к трибуне. Таким образом, строительные работы выполнялись только на одной из его четверых трибун, а остальные три всегда находились в рабочем состоянии. При этом даже реконструируемая трибуна, в случае необходимости, могла быть быстро приведена в эксплуатационное состояние.

*Надійшла до редколегії 11.06.2010 р.*