

УДК 624+531  
© 2014

*Горик О. В., доктор технічних наук,  
Ковальчук С. Б., кандидат технічних наук,  
Яхін С. В., кандидат технічних наук*  
Полтавська державна аграрна академія

**АНАЛІТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВСТАНОВЛЕННЯ РЕСУРСУ  
НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСУ СТАДІОНУ «ВОРСКЛА»  
ІМ. ОЛЕКСІЯ БУТОВСЬКОГО (М. ПОЛТАВА)**

**ПОВІДОМЛЕННЯ 2. НАТУРНІ ВИПРОБОВУВАННЯ**

*Рецензент – доктор технічних наук, професор А. А. Смердов*

*Подано результати наступного (другого) етапу комплексного дослідження експлуатаційної надійності трибунної споруди (Східної трибуни) стадіону. Даний етап включає прямі натурні випробовування жорсткості похилих ригелів поперечних рам у реальних умовах експлуатації і є наступним після визначення технічного стану. За оцінкою технічного стану трибунної споруди визначальними – із точки зору надійної експлуатації – елементами рам каркасу виявилися похилі ригелі покриття трибун, для яких у даному повідомленні наведені дані натурних експериментальних випробовувань, що лягли в основу моделювання роботоздатності трибунної споруди стадіону.*

**Ключові слова:** трибуна споруда, ригель, статичні випробування, прямий метод контролю, прогин, жорсткість.

**Постановка проблеми.** За результатами досліджень, що наведені у Повідомленні 1 [1], технічний стан трибунної споруди стадіону «Ворскла» у м. Полтава вимагає комплексного дослідження надійності роботи її несучих елементів. Таке дослідження має включати три основних етапи. Перший – визначення технічного стану споруди відповідно до наказу Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України й Держнаглядохоронпраці України № 32/288 від 27.11.1997; другий – натурні випробовування згідно з ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94) елементів каркасу із найменшим ресурсом, що встановлені за результатами першого етапу, і третій – це, власне, встановлення експлуатаційного ресурсу основних несучих конструктивних частин споруди на основі новостворених моделей деформування. Результати дослідження першого етапу висвітлені у Повідомленні 1 [1]. Результати другого етапу висвітлюються в даній роботі (Повідомленні 2) й доповідалися на Міжнародній конференції [2]. Основні висновки дослідження (третій етап) плануються для

публікації у заключному Повідомленні 3.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** Періодичні обстеження технічного стану конструкцій Східної трибуни стадіону проводилися починаючи із 1988 року. Ці обстеження носили локальний характер і виконувалися під той чи інший захід. Матеріали останніх досліджень висвітлені у звітах [3, 4], у яких зафіксовані окремі недоліки різних елементів несучих конструкцій стадіону та запропоновано заходи щодо їх усунення. Однак комплексні дослідження технічного стану всієї споруди, з глибоким підходом до пошуку резервів несучої здатності, не були виконані.

**Мета та завдання досліджень.** Метою другого етапу комплексного дослідження є експериментальне підтвердження наявності або відсутності запасу міцності несучих конструкцій трибунної споруди стадіону.

**Завдання.** Досягнення даної мети потребувало організації та виконання натурних випробувань найбільш вразливих, за результатами дослідження технічного стану [1], конструктивних елементів рам трибунної споруди стадіону, а також ретельного аналізу отриманих дослідних даних на основі порівняння їх із результатами розрахунків.

**Матеріали і методи досліджень.** Об'єктом дослідження є композитні залізобетонні елементи просторового каркасу трибунної споруди стадіону. Результати дослідження базувалися на натурних обстеженнях і лабораторних випробуваннях, а також на архівних та аналітичних розрахункових даних. Використане обладнання й прилади для польових, камеральних робіт і лабораторних випробувань пройшли атестацію відповідно до метрологічних вимог. У ході виконання робіт дотримані вимоги «Нормативних документів з питань обстежень, паспортизації,

безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель та споруд».

**Результати дослідження.** За результатами першого етапу досліджень [1], найбільш вразливими конструктивними елементами рам трибун стадіону (рис. 1), внаслідок конструктивних параметрів, виявилися похилі ригелі поперечних

рам Східної трибуни (рис. 2). Ригелі складаються із двох елементів: перші (P1), власне головні консольні мають номінальний прогін 12,0 м, плюс консоль 3,2 м, а другі (P2) з номінальним прогоном 6,0 м. Кут нахилу ригелів до горизонту становить близько 25°.



Рис. 1. Загальний вигляд трибуної споруди

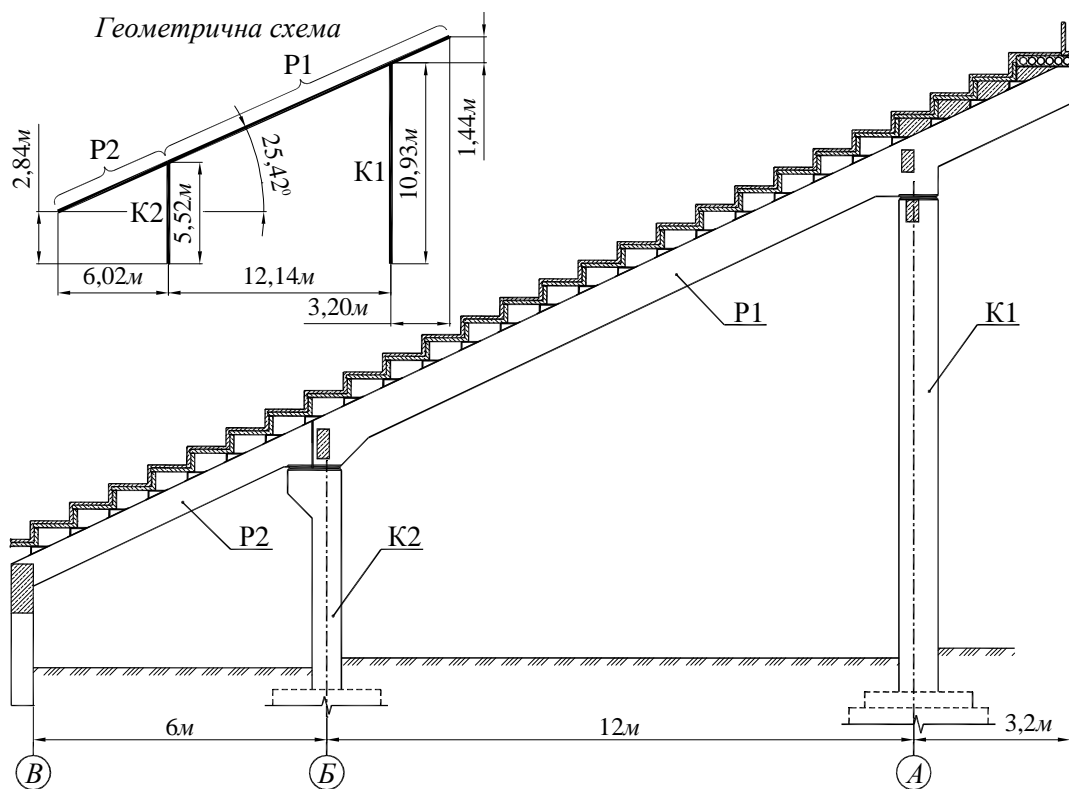


Рис. 2. Конструкція поперечних рам

Проведені розрахунки з урахуванням наявних дефектів, виявлених на першому етапі дослідження, окремого консольного елемента ригеля Р1, як шарнірно обертої балки, в разі дії найбільш несприятливих комбінацій навантажень, свідчать про майже вичерпаний запас його несучої здатності [3].

Це стало основою для встановлення системи підсилення, яка з часом була удосконалена додатковою натяжною системою у ході дослідження [4], проведеного з метою оцінки технічного стану Східної трибуни перед проведенням офіційних матчів футбольної ліги.

Залишалося відкритим питання про надання дозволу на експлуатацію трибуни у зв'язку з недостатнім теоретичним запасом міцності похилих ригелів.

Постала задача встановлення резерву несучої здатності на основі експериментально-теоретичного дослідження фактичної жорсткості ригелів, що й визначило склад другого етапу досліджень – натурні випробування. Окрім цього у ході виконання першого етапу дослідження були встановлені фактори обмеженого деформування, здатні підвищувати жорсткість, а відтак, і міцність елементів.

Ці фактори також потребували підтвердження їх дієвості, що можна було встановити лише шляхом проведення натурних статичних випробувань.

Оцінка міцності статичним випробуванням у даному випадку є непрямим методом, так як ригель довести до руйнування неможливо, а найбільша величина статичного навантаження у ході випробування приймається рівною експлуатаційній (тобто, без вилучення її зі складу споруди). Тому було проведено дослідження їх жорсткості (прямий метод контролю) пробним навантаженням, оцінка якої контролювалася величиною прогинів.

Випробування пробним неповним навантаженням під час рядових ігор показало спроможність ригелів нести повне корисне навантаження. Тому було прийнято рішення провести повне дослідження жорсткості під час проведення футбольних матчів на суперкубок України між командами «Динамо» (Київ) та «Шахтар» (Донецьк). Статус поєдинків надавав можливість повного заповнення трибун стадіону глядачами.

Спочатку досліджувалися три ригелі, найбільш вразливі за результатами обстеження (Повідомлення 1). Отримані результати натурних випробувань даних ригелів показали неочікувану суттєву їх жорсткість, оскільки вимірний приріст прогину від корисного навантаження виявився значно менший за допустимий нормативний для такого роду конструкцій. Таким чином, постала задача теоретичного обґрунтування отриманих результатів і встановлення причин підвищеної жорсткості несучих конструкцій та повторного контрольного випробування.

У ході контрольного випробування досліджувалися два ригелі, один із яких – для порівняння результатів досліджувався повторно. Таким чином, було досліджено 4 із 22 ригелів Східної трибуни.

Основне та контрольне випробування виконувалося за схемою, поданою на рис. 3. До основних елементів ригелів (Р1) посередині прогонів були закріплені тонкі сталеві дроти, які у подальшому з'єднувалися із вимірювальними засобами – прогиномірами типу ПМ-1 (рис. 4) з ціною поділки 0,01 мм. Прогиноміри встановлювалися на жорсткі нерухомі опори, що розташовувалися на підлозі підтрибунного приміщення й мали вільний доступ до спостережень. Окрім цього проводилось інструментальне спостереження за осадкою опор ригеля для встановлення необхідності її врахування.

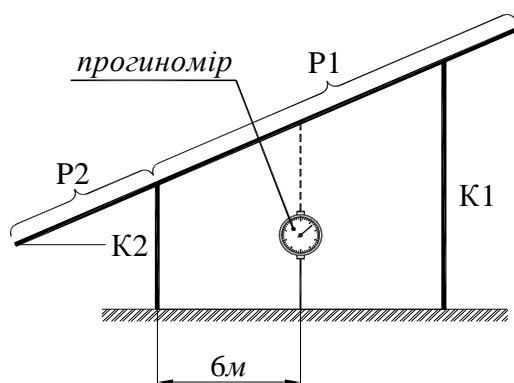


Рис. 3. Схема випробування

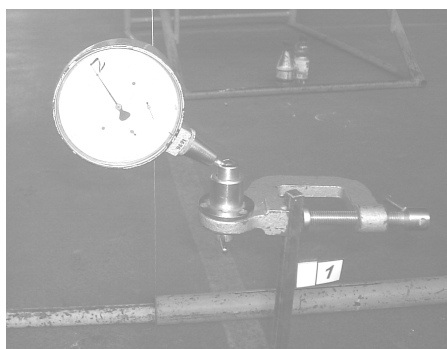


Рис. 4. Встановлений вимірювальний засіб

У процесі заповнення трибуни глядачами ригелі рам поступово завантажувалися до досягнення 100 % заповнення. Тимчасове корисне навантаження від глядачів за повного заповнення трибун становило понад 30 % від загального розрахункового навантаження.

Під час проведення випробувань за [5] у «живому» експлуатаційному режимі було вжито заходів щодо виконання вимог безпеки. Суворо контролювалася нормативна кількість глядачів відповідно до перепусток, рух сектором глядачів був унеможливлений, що дало змогу отримати більш достовірні результати. Доступ сторонніх осіб у зону проведення випробувань був заборонений. Були передбачені заходи для обмеження наповнення трибун за результатами натурних вимірів у разі виникнення критичних значень прогинів. Хід заповнення місць для сидіння та реальна кількість глядачів контролювалася спостерігачами, які знаходилися безпосередньо на трибуні. Дані про заповнення синхронізувались із даними вимірювання прогинів і часом, коли знімалися покази зі встановлених вимірювальних засобів. Зауважимо, що під час першого і другого випробувань наповнення трибун глядачами було стовідсоткове.

Дослідження розпочалося з появи перших глядачів і було припинено наступного дня після закінчення матчу, що дало змогу проконтролювати відсутність залишкових деформацій конструкцій. Результати досліджень у графічному вигляді показані на рис. 5.

Графіки розвитку прогинів у часі мають очікуваний вигляд із чіткими ділянками, що відповідають стадії заповнення трибун, перебування глядачів на трибуні протягом гри та звільнення трибун від глядачів. На ділянці заповнення трибуни процес навантаження дещо випереджав розвиток прогинів. Протягом матчу прогини ригелів мали стабільний характер, окрім деяких незначних коливань під час перерви й на самому початку розвантаження, що викликано пересуванням глядачів. На відміну від ділянки заповнення на ділянці звільнення трибун, у кінцевій її частині, розвантаження випередило деформації. Однак протягом часу залишкові прогини повністю зникли, що було зафіксовано прогиномірами на наступний день після матчу. Це свідчить про відсутність залишкових деформацій несучих конструкцій за даного рівня завантаження і пружну роботу їх матеріалу, принаймні, у досягнутому діапазоні зміни корисного навантаження.

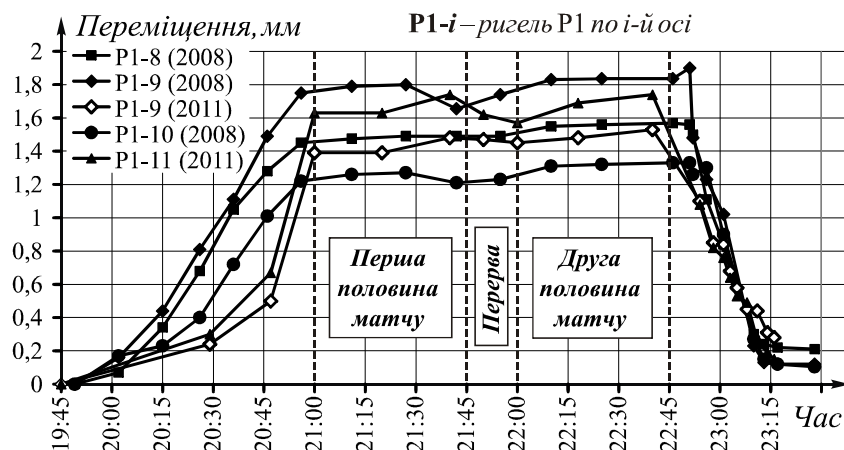


Рис. 5. Розвиток прогинів досліджуваних ригелів

Із отриманих результатів дослідження стало зрозуміло, що ригелі працюють у більш складних умовах, аніж це моделювалося розрахунковою схемою у вигляді окремої консольної балки на двох шарнірних опорах елемента ригеля Р1.

Розрахункові значення прогинів за такою моделлю роботи, що відповідають реальному тимчасовому навантаженню глядачами, виявилися значно більшими від дослідних за пружної роботи залізобетонного композиту.

**Висновок.** На основі прямого методу контролю – статичних натурних випробувань жорстко-

сті найбільш вразливих елементів (похилих ригелів) залізобетонного каркасу прогнозовано достатній резерв їх жорсткості, що не співпадає з результатами аналітичних розрахунків за класичними ідеалізованими моделями. Це протиріччя, з одного боку, дало змогу встановити задовільний технічний стан усієї споруди (категорія П), а з іншого, спонукало до пошуку неklasичних моделей просторової роботи ригелів для встановлення рівня надійності експлуатації споруди, що буде висвітлено в Повідомленні 3.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Горик О. В. Аналітично-експериментальне встановлення ресурсу несучої здатності елементів каркасу стадіону «Ворскла» ім. Олексія Бутівського (м. Полтава). Повідомлення 1. Визначення технічного стану / О. В. Горик, С. Б. Ковальчук, С. В. Яхін [та ін.] // Вісник Полтавської державної аграрної академії. Наук.-виробн. фаховий журнал. – Полтава: ПДАА. – 2012. – №1(64). – С. 172–177.

2. Горик О. В. Натурні дослідження жорсткості ригелів трибун стадіону «Ворскла» в м. Полтава / О. В. Горик, С. Б. Ковальчук, С. В. Яхін // Будівельні конструкції. – Вип. 78: у 2-х кн.: Книга 1. – К. : ДП НДІБК, 2013. – С. 266–272.

3. Звіти про обстеження будівельних конструкцій Східної трибуни стадіону «Ворскла»

(№ 2114/01-31), (№ 2114/01-31), (№ 2423/05), (2696/07) // Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка (2003, 2004, 2005, 2007 рр.).

4. Звіт про технічний стан залізобетонних конструкцій Східної трибуни стадіону «Ворскла» у м. Полтава // Багатогалузевий наук.-техн. центр «Віра». – Полтава. – 2008. – 136 с.

5. Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантажуванням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Чинний від 1996-01-01] – К. : Держкоммістобудування України, 1997. – 23 с.