

ЕФЕКТИВНІ ТАВРОВІ ПРОГОНИ ДЛЯ ПОКРИТТЯ БУДІВЕЛЬ

При проектуванні виробничих будівель однією з важливих умов зниження їх вартості є раціональний вибір типу покриття, яке має бути економічним, надійним та довговічним. Найкращим вважається сумісне вентилязоване покриття з покрівлею з азбестоцементних хвилястих листів. Існує багато конструктивних рішень таких покриттів, проте, незважаючи на суттєві відмінності, їх можна поєднати в дві групи.

Перша – покриття з настилами, наприклад, залізобетонними ребристими плитами, *друга* – покриття з прогонним рішенням. Покриття другої групи при кроці каркаса 6 м більш економічні, оскільки відмова від залізобетонних плит покриття дає значне зменшення ваги, а також знижує витрати залізобетону. Зважаючи на те, що потреба в прогонах достатньо велика, зменшення їх маси є актуальною проблемою.

Аналіз 37 існуючих конструктивних рішень залізобетонних прогонів показав, що вони мають як постійний переріз по всій довжині, так і підрізання в опорних частинах, яку виконують

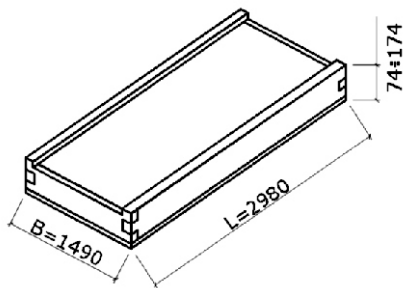


Рис. 1. Плита покриття типу «сандвіч» з обшивкою з азбестоцементних, дерево-волокнистих плит та утеплювача з фенольного пінопласту

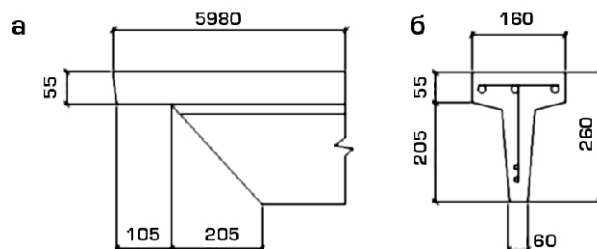
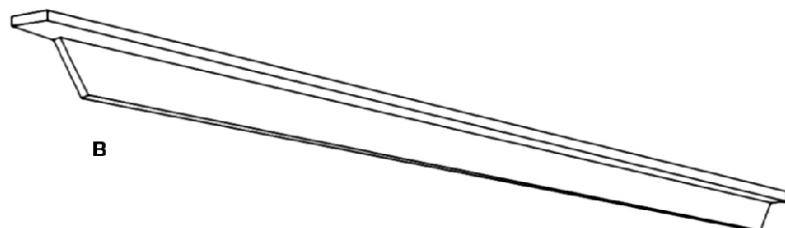


Рис. 2. Залізобетонний тавровий прогін типу ПЖТ:

а – опорна частина з підрізанням;
б – поперечний переріз;
в – загальний вид



В.М. Першаков

професор кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Інституту аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н.

тільки в прогонах таврового перерізу. Встановлено, що найменш матеріаломісткими та найбільш економічними є конструкції таврових залізобетонних прогонів ПЖТ, які охоплюють необхідний діапазон навантаження. При застосуванні конструкції покриття із плит АКД (рис. 1) та залізобетонних таврових прогонів ПЖТ, розташованих по скату через 3 м, ефект досягається за рахунок: зменшення будівельної висоти та ваги покриття, кількості монтажних елементів, зменшення матеріаломісткості залізобетонних прогонів покриття, зменшення трудомісткості та вартості. Прогони можуть експлуатуватися в будівлях як з неагресивним середовищем, так і зі слабким та середнім агресивними середовищами.

Прогони армовані плоскими зварними каркасами як однопрогонові балки завдовжки 6,0 та 5,5 м. Вони мають тавровий профіль перерізу з полицею в стиснутій зоні та підрізання в опорних частинах (рис. 2).

Технічна характеристика прогонів: довжина 5980 мм, об'єм бетону 0,124 м³ (без технологічних ухилів); 0,133 м³ (з технологічними ухилами); клас бетону В30; повздовжня армура класу А-III (рис. 3).

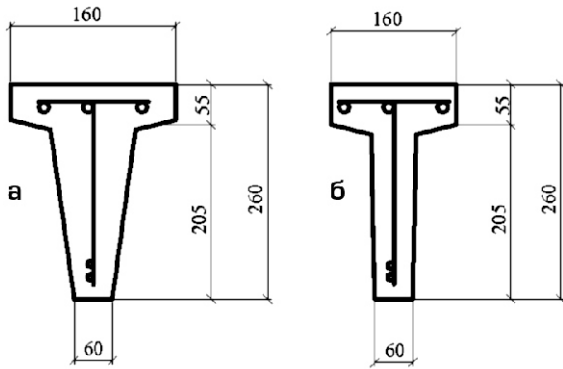


Рис. 3. Поперечний переріз прогонів: а – з технологічними ухілами; б – без технологічних ухілів

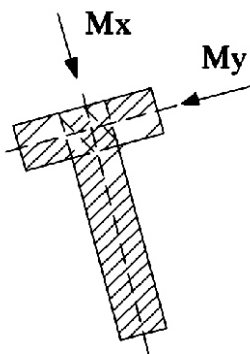


Рис. 4. Спрощена схема роботи прогону на косий згин

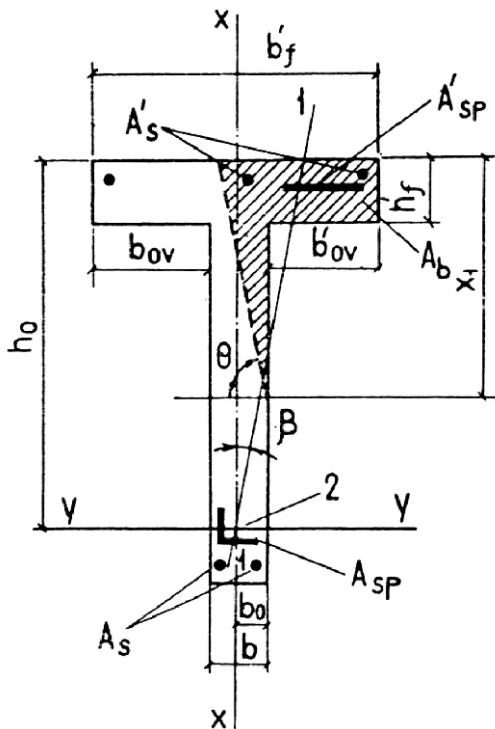


Рис. 5. Форма стиснутої зони в поперечному перерізі таврового залізобетонного елемента, що працює на косий вигин:

1-1 – площина дії згинального моменту; 2 – точка докладання рівнодіючої зусиль у розтягненій арматурі

Якщо підрізання опорної частини прогону, яка призначена з умов її роботи на поперечну силу, виконане вище полиці таврового перерізу, тоді конструкція арматурних каркасів та опалубки стає більш складною. При розробленні конструкції прогону типу ПЖТ використовують відмінні від існуючих методи конструювання опорних частин та розрахунку на косий згин.

Детальному розрахунку прогонів передують вибір їх геометричних розмірів з огляду на простоту виготовлення та зменшення маси у порівнянні з відомими рішеннями. Розрахунок на косий згин проводили за спрощеною схемою, як для двох з'єднаних самостійних елементів прямокутного перерізу, кожен з яких працює у відповідній площині (рис. 4).

При розрахунку на косий згин перевіряли роботу тільки полиці тавра на дію згинального моменту від скатної компоненти рівномірно розподіленого навантаження. Для виявлення несучої здатності при згині розраховують тавровий переріз із умови

$$R_s A_s \leq R_{sc} A_s \quad (1)$$

При розрахунку таврових перерізів елементів, що працюють на косий вигин, приймається форма стиснутої зони (рис. 5).

При цьому має задовольнятися умова

$$M_x \leq R_b [S_{ov,x} + A_{web}(h_0 - x_1/3)] \leq R_{sc} S_{sx} \leq R_{sc} S_{sp,x} \quad (2)$$

де M_x – складова згинального моменту в площині осі x (x і y – дві взаємно перпендикулярні осі, що проходять через точку прикладення рівнодіючої зусиль у розтягненій арматурі, паралельно до сторін перерізу; для перерізу з полицею вісь x приймається паралельною до площини ребра);

$$A_{web} = A_b + A_{ov} \quad (3)$$

A_b – площа стиснутої зони бетону, що дорівнює:

$$A_b = \frac{s_b R_s A_{sp} + R_s A_s + R_{sc} A_s + R_{sc} A_{sp}}{R_b} \quad (4)$$

A_{ov} – площа перерізу найбільш стиснутого звису полиці; x_1 – розмір стиснутої зони бетону на найбільш стислій стороні перерізу, визначається за формулою

$$x_1 = t \sqrt{t^2 + 2A_{web} \operatorname{ctg} \theta} \quad (5)$$

тут $t = 1,5 \frac{S_{ov,y} \operatorname{ctg} \theta + S_{ov,x}}{A_{web}} \leq b_0 \operatorname{ctg} \theta \leq h_0$; (6)

$S_{ov,x}$ – статичний момент площі A_{ov} в площині осі x відносно осі y ; $S_{ov,y}$ – те саме, в площині осі y щодо осі x ; b_0 – відстань від рівнодіючої зусиль у розтягненій арматурі до найбільш стиснутої бічної сторони перерізу (грані ребра); α – кут нахилу площини дії згинального моменту до осі x , тобто $\text{ctg } \alpha = M_x / M_y$; S_{sx} , S_{spx} – статичні моменти площі перерізу відповідно ненапруженої і напруженої арматури S щодо осі y .

У нижній частині стінки тавра та його полиці були влаштовані арматурні стрижні однакового діаметра. Детальний розрахунок прогонів за деформаціями та розкриттям тріщин, а також випробування показали, що прийнятий переріз та армування забезпечують їх надійну роботу в умовах експлуатації.

Переріз прогонів представлений у робочих кресленнях двома варіантами, які визначають їх виготовлення як у касетних формах без відкидних бортів із технологічними ухилами, так і в формах із відкидними бортами без технологічних ухилів.

При розробленні прогонів головна увага приділялась зниженню їх ваги, зменшенню висоти опорної частини та простоті виготовлення – висота таврового перерізу мала задовольняти вимоги з деформування та щодо ширини розкриття тріщин; ширина полиці повинна гарантувати роботу прогону на косий згин та забезпечувати надійність елементів покриття; товщина стінки та полиці тавра, величина захисних шарів повздовжньої та поперечної арматури повинна враховувати можливість експлуатації прогонів в агресивних середовищах.

Розрахунок прогонів за спрощеною схемою виконували за такими ознаками: на дію згинального моменту від повного навантаження для таврового перерізу без урахування стисненої арматури; на дію скатної компоненти від повного навантаження для прямокутного перерізу, армованого в розтягнутій і стиснутій зонах стрижнями однакового діаметра. Детальний розрахунок прогонів на косий згин проводили для таврового перерізу, армованого в розтягненій та стиснутій зонах.

При розрахунку опорних частин прогонів (рис. 6) за спрощеною схемою враховували тільки роботу металеві закладної деталі (роботу бетону не враховували). Схема розрахунку наближена, тому опорні частини запроектовані з додатковим запасом, що гарантує їх надійну роботу.

Розрахунок прогонів за деформаціями (для прямокутного перерізу) та розкриттям тріщин виконували згідно з методикою чинних норм.

Розрахунки за міцністю показали, що наближений та точний методи розрахунку дають практично однакові результати. Це свідчить про доцільність використання наближеного методу для пошуків оптимального рішення перерізу та армування залізобетонних елементів, що працюють на косий згин.

Перевірка міцності перерізу показала, що $M_c > M_q$, де M_c – несуча здатність перерізу за згинальним моментом; M_q – згинальний момент від дії навантаження. З цього випливає, що міцність перерізу забезпечена.

Згідно з результатами розрахунку за деформаціями з урахуванням діючих навантажень визначений відносний прогин, який складає $f = 1/150l$, тобто значно менше нормованого. Розрахунок за розкриттям тріщин виявив ширину їх розкриття, яка дорівнює $a_{cr} = 0,15$ мм, що менше ніж регламентується нормами.

Конструкцію залізобетонного таврового прогону зі скошеною полицею для холодних і теплих покриттів будівель із азбестоцементною покрівлею (рис. 7) укладають по несучих конструкціях каркаса з кроком 3 м у разі теплих покриттів та 1,5 м – холодних.

Конструкція прогону має такі параметри: довжина – 6 м, вага – 400 кг, клас бетону – В35.

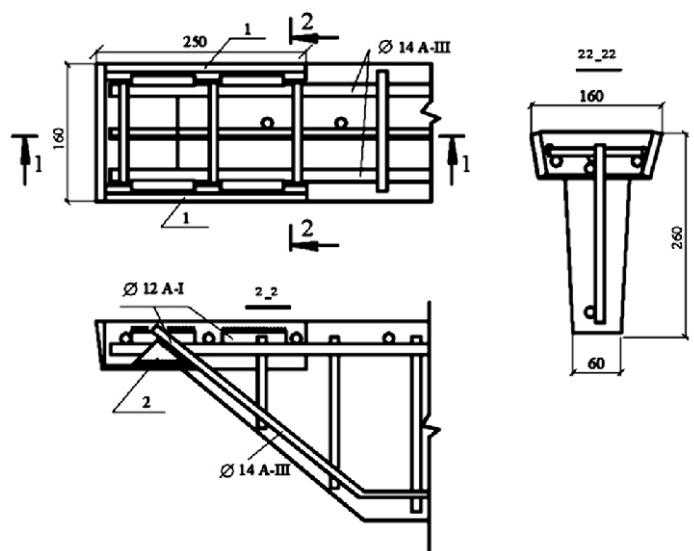


Рис. 6. Арматура опорного вузла прогону ПЖТ 6-500:

- 1 – сталеві пластини 55 10 250 мм,
2 – сталеві пластини 90 5 128 мм

Використовують два типи робочої арматури: ненапружену зі сталі класу А-III та попередньо напружену зі сталі класів А-IV, А-V.

Витрати матеріалів становлять: бетон – 0,16 м³, сталь в залежності від несучої здатності та виду арматури – 23,9–34,3 кг.

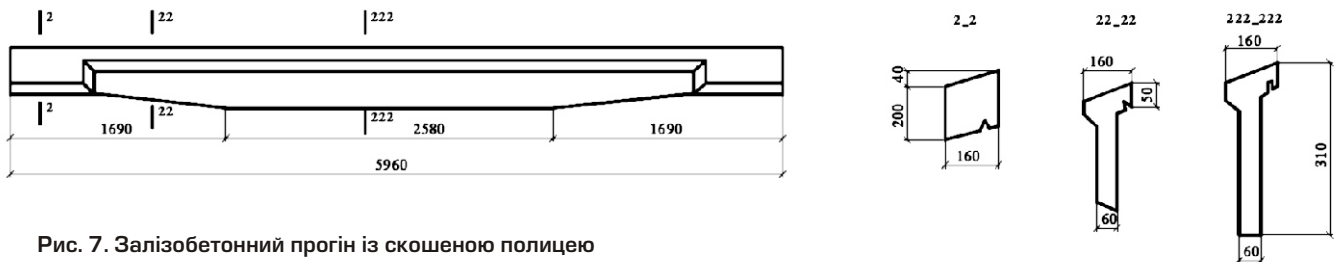


Рис. 7. Залізобетонний прогін із скошеною полицею

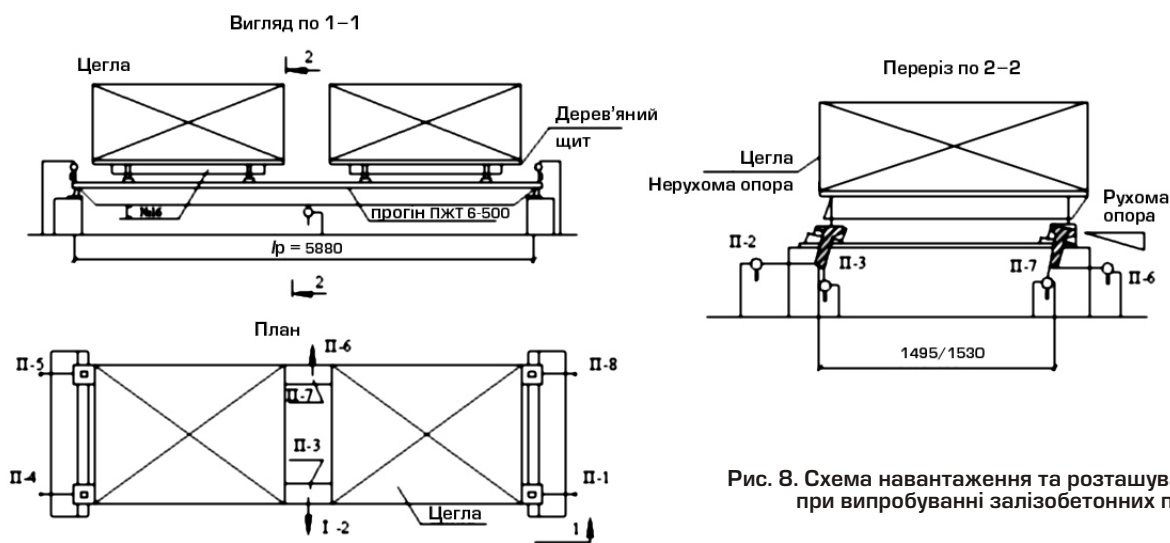


Рис. 8. Схема навантаження та розташування приборів при випробуванні залізобетонних прогінів

Результати досліджень залізобетонних погонів типу ПЖТ

Прогони	Організація, що виконувала дослідження	Фактична міцність бетону/ границя текучості арматури	Вертикальне переміщення прогону при нормативному навантаженні, мм	Максимальне розкриття тріщин на рівні арматури при нормативному навантаженні, мм	Дослідне руйнуюче навантаження/ розрахункове навантаження	Випробування несучої здатності приопорних ділянок прогінів
ПЖТ-6- 500	НДІБК Гіпрооргсільбуд, Вінницький ОМКБ	$\frac{300}{1530}$	22,2 12,65 26,9	0,12	$C \frac{705}{509}$ 1,41	Руйнування прольотної частини прогону. Текучість розтягнутої арматури з наступним руйнуванням стиснутої зони бетону
ПЖТ-6- 600	Гіпрооргсільбуд, Вінницький ОМКБ	$\frac{280}{4600}$	12,68 9,0 16,50	0,07	$C \frac{870}{600}$ 1,45	Руйнування прольотної частини прогону. Текучість розтягнутої арматури з наступним руйнуванням стиснутої зони бетону
ПЖТ-6-500	Гіпрооргсільбуд, Вінницький ОМКБ	$\frac{385}{4530}$	—	0,1–0,15	$C \frac{1190}{500}$ 2,38	Руйнування зварних ділянок прогінів по похилих перерізах від точок прикладання навантажень під кутом 45°. Текучість розтягнутої арматури з наступним руйнуванням стиснутої зони бетону

Особливістю конструкції є скошена полиця відносно ребра та наявність підрізання на опорах для зниження висоти приміщення. Прогони розраховані під навантаження від 2,5 до 10,5 кН/м та можуть використовуватися в будь-якому сніговому районі країни. В експлуатаційних умовах в результаті нахилу 1:4 повздовжньої площини прогону відносно до площини дії навантаження прогін сприймає дію косого згину.

Для імітації такого згину створена спеціальна випробувальна установка, яка дозволяє одночасно проводити випробування двох прогонів. При цьому кожен прогін встановлено на каткові шарніри, один із яких є рухомих уздовж осі прогону. Відстань між осями прогонів складала 1485–1515 мм. Нахил повздовжньої поверхні прогонів до вертикалі мав кут зі співвідношенням сторін 1:4 (рис. 8).

Для створення навантаження використовували попередньо зважену цеглу, яку укладали рядами на два деревометалевих майданчика, які, в свою чергу, опиралися на випробувані прогони через каткові шарніри, частина яких була рухомою в горизонтальному напрямі. Така система опираюча забезпечувала вільне переміщення осей прогонів у поперечному вертикальному і горизонтальному напрямках.

Навантажували прогони ступенями по 60 кг. Після прикладання кожного ступеня навантаження витримували п'ять хвилин для зняття показників із вимірювальних приладів. Нормативне навантаження витримували протягом 30 хв. Вертикальні і горизонтальні поперечні осі посередині прогонів, а також осідання опор контролювали прогиномірами системи Аістова. Ширину розкриття тріщин у бетоні вимірювали за допомогою мікроскопа МПБ-2.

Основні результати випробувань прогонів, що приведені в таблиці, показали їх відповідність вимогам чинних норм за міцністю, жорсткістю та тріщиностійкістю (рис. 9).

Прогони завдовжки 6 м виготовляли касетним методом (по 8 шт у кожній формі) та впро-

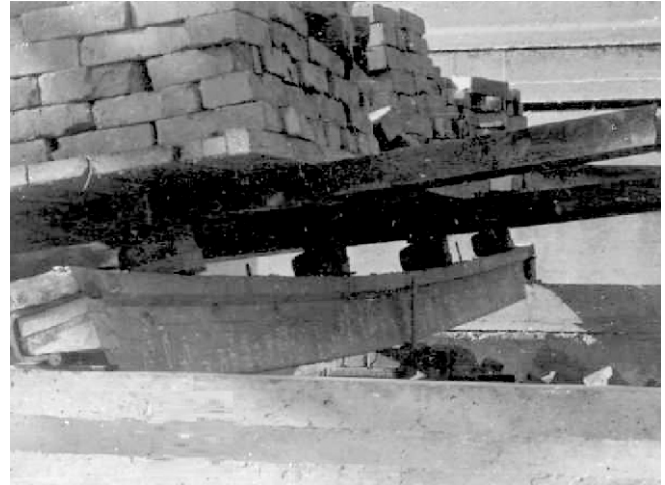


Рис. 9. Залізобетонні таврові прогони в процесі випробувань

ваджували при будівництві виробничих будівель із полегшеним покриттям (плити АКД, азбестоцементні хвилясті листи, мінеральний утеплювач).

Висновки. Найменш матеріаломісткими і найбільш економічними є конструкції таврових залізобетонних прогонів ПЖТ, що розроблені інститутами «Гипрооргсельстрой», «ЦНИИЭП-сельстрой», НИИЖБ, «УкрНДДіпросільгосп» (за участю автора) та «Укрколгосппроект». Прогони завдовжки 6,0 і 5,5 м під навантаження 2,5; 3,75; 5,0 і 6,0 кН/м пройшли усі стадії розробки, експериментально апробовані, затвержені Держбудом України, внесені до каталогів і рекомендовані до використання у покриттях сільськогосподарських виробничих будинків України.

- [1] *Першаков В.М.* Автореферат докторської дисертації. Створення ефективних типів залізобетонних рамних конструкцій з несучими елементами змінного перерізу. – К.: КНУБА, 2012. – 40 с.
- [2] *Першаков В.М.* Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам. Монографія. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2007. – 301 с.

Надійшла 08.01.2013 р.