

## ЗАЛІЗОБЕТОННІ ТАВРОВІ ПРОГОНИ ДЛЯ ПОКРИТТЯ БУДІВЕЛЬ

Проведене аналіз розрахунку, конструювання та дослідження залізобетонних таврових прогонів для покриття будівель сільського господарства. Розроблені найбільш економічні залізобетонні таврові прогони.

Ключові слова: залізобетонні таврові прогони, покриття будівель.

**Постановка проблеми.** При проектуванні сільськогосподарських виробничих будівель однією з важливих умов зниження їх вартості є раціональний вибір типу покриття. Воно повинно не тільки бути економічним, а й забезпечити надійну і довговічну роботу. Найкращим вважається сумісне вентилязоване покриття з покрівлею з азбестоцементних хвилястих листів. Існує багато конструктивних рішень таких покриттів, проте їх можна, незважаючи на суттєві відмінності, поєднати в дві групи.

До *першої* групи відносять покриття з настилами, наприклад, залізобетонними ребристими плитами, а до *другої* – покриття з прогонним рішенням. Покриття другої групи при кроці каркасу бм більш економічні за перше, оскільки відмова від залізобетонних плит покриття дає значне зменшення ваги, а також знижує витрати залізобетону. Беручи до уваги, що потреба в прогонах достатньо велика (на будинок розмірами в плані 21х72м при кроці прогонів 1,5м потрібно 192 прогони), зменшення їх маси є актуальною проблемою.

**Аналіз існуючих конструктивних рішень** типів залізобетонних прогонів показав, що прогони мають як постійний переріз по всій довжині, так і підрізку в опорних частинах, яку робляться тільки в прогонах таврового перерізу. Встановлено, що найменш матеріаломісткими та найбільш економічними є конструкції таврових залізобетонних прогонів ПЖТ (рис.1).

Прогони ПЖТ охоплюють необхідний діапазон навантаження, легші за масою та є найменш матеріаломісткими за витратами бетону в порівнянні з іншими конструкціями прогонів. У цілому, при застосуванні конструкції покриття сільськогосподарських виробничих будівель з використанням плит АКД (рис.2) та залізобетонних таврових прогонів ПЖТ, розташованих по скату через 3м, ефект досягається за рахунок: зменшення будівельної висоти покриття, зменшення кількості монтажних елементів, зниження ваги покриття, зменшення матеріаломісткості залізобетонних прогонів покриття, зменшення трудомісткості та вартості. Прогони можуть експлуатуватися як в будівлях з неагресивним середовищем, так і в будівлях зі слабким та середнім агресивними середовищами.

Прогони армовані плоскими зварними каркасами як одно прольотні

балки завдовжки 6,0 та 5,5м. Вони мають тавровий профіль перерізу з полицею в стиснутій зоні та підрізку в опорних частинах (рис.3).

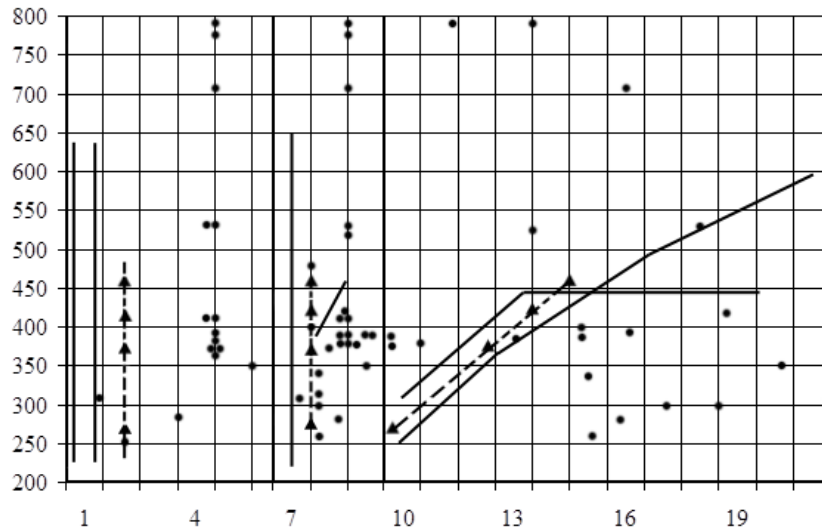


Рис.1.Взаємозвязок розрахункового навантаження прогонів з їх масою, об'ємом бетону та витратами сталі:

1 — прогони ПЖТ; 2 — те ж саме; 3 — інші прогони; 4 — середнє значення

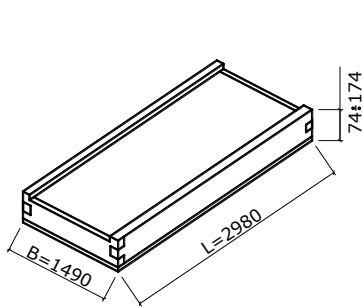


Рис. 2. Плита покриття типу "сандвіч" з обшивкою з азбестоцементних,деревоволокнистих плит та утеплювача з фенольного пінопласту

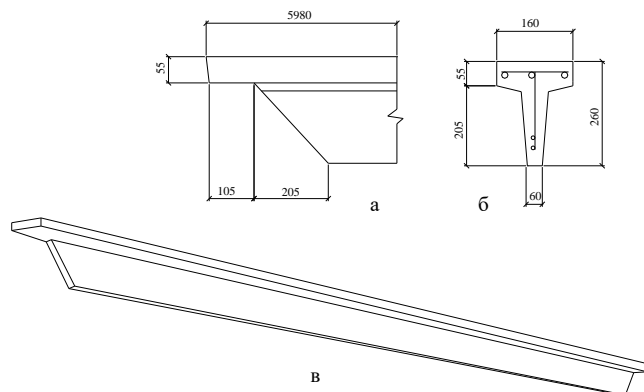


Рис.3. Залізобетонний тавровий прогін типу ПЖТ:  
а-опорна частина з підрізкою;  
б-поперечний переріз;  
в-загальний вид

Технічна характеристика прогонів: проліт 5980мм, об'єм бетону  $0,124\text{м}^3$  (без технологічних ухилів);  $0,133\text{м}^3$  (з технологічними ухилами); клас бетону В30; повздовжня арматура класу А-III (рис.4).

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

**Результати роботи.** Детальному розрахунку прогонів передують вибір їх геометричних розмірів беручи бо уваги простоту їх 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, працюючих кожний у відповідній площині (рис.5).

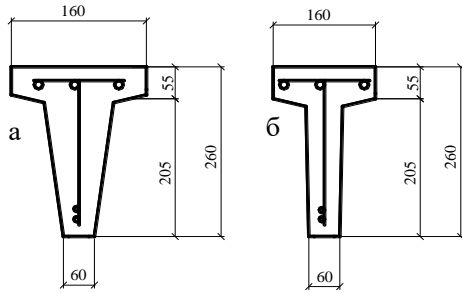


Рис.4. Поперечний переріз прогонів: а-з технологічними ухилами; б-без технологічних ухилів

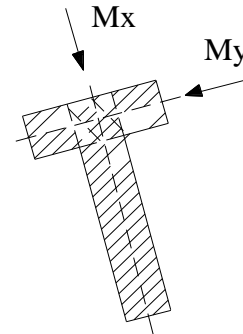


Рис 5. Спрощена схема роботи прогону на косий згин

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

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

Розрахунок таврових перерізів елементів, що працюють на косий вигин, допускається робити, приймаючи форму стиснутої зони (рис.6).

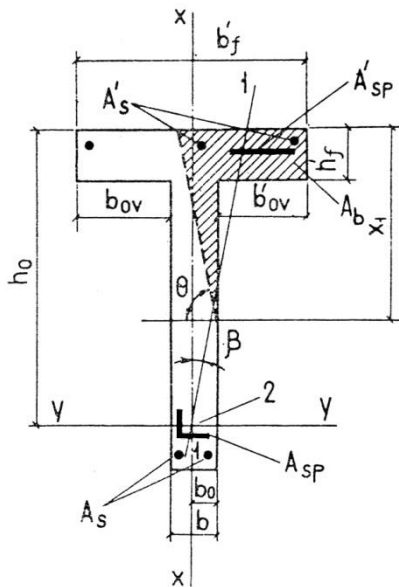


Рис.6. Форма стиснутої зони в поперечному перерізі таврового залізобетонного елемента, що працює на косий вигин: 1-1 — площина дії згинального моменту; 2 – точка докладання рівнодіючої зусиль в розтягнутій арматурі

При цьому має задовольнятися умова

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

де  $M_x$  – складова згинального моменту в площині осі x (за осі x і y приймаються дві взаємно перпендикулярні осі, що проходять через точку прикладення рівнодіючої зусиль в розтягнутій арматурі, паралельно сторонам перерізу; для перерізу з полицею вісь x приймається паралельно площині ребра);

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

$A_b$  — площа стиснутої зони бетону, що дорівнює:

$$A_b = \frac{\gamma_{s6} R_s A_{sp} + R_s A_s - R_{sc} A'_s - \sigma_{sc} A'_{sp}}{R_b}; \quad (4)$$

$A_{ov}$  — площа перерізу найбільш стиснутого звису полиці;

$x_1$  — розмір стиснутої зони бетону за найбільш стислій стороні перерізу, визначається за формулою

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

$$\text{тут } t = 1,5 \left( \frac{S_{ov,y} \operatorname{ctg} \beta - S_{ov,x}}{A_{web}} + b_0 \operatorname{ctg} \beta - h_0 \right); \quad (6)$$

$S_{ov,x}$  — статичний момент площі  $A_{ov}$  в площині осі  $x$  відносно осі  $y$ ;

$S_{ov,y}$  — те ж, в площині осі  $y$  щодо осі  $x$ ;

$b_0$  — відстань від рівнодіючої зусиль в розтягнутій арматурі до найбільш стиснутої бічної сторони перерізу (грані ребра);

$\beta$  — кут нахилу площини дії згинального моменту до осі  $x$ , тобто  $\operatorname{ctg} \beta = M_x/M_y$ ;

$S_{sx} S_{spx}$  — статичні моменти площі перерізу відповідно ненапруженої і напруженої арматури  $S$  щодо осі  $y$ .

В нижній частині стінки тавру та його полиці були поставлені арматурні стержні однакового діаметру. Детальний розрахунок прогонів за деформаціями та розкриттю тріщин, а також випробування показали, що прийнятий переріз та армування забезпечують їх надійну роботу в умовах експлуатації.

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

При розробці прогонів головна увага приділена зниженню власної ваги, зменшенню висоти опорної частини та простоті виготовлення з такими вимоги: висота таврового перерізу має задовольняти вимогам з деформування та за шириною розкриття тріщин; ширина полиці повинна гарантувати роботу прогону на косий згин та забезпечувати надійність елементів покриття; товщина стінки та полиці тавру, величина захисних шарів повздовжньої та поперечної арматури повинна враховувати можливість експлуатації прогонів в агресивних середовищах.

Розрахунок прогонів за спрощеною схемою проводили за такими ознаками: на дію згинального моменту від повного навантаження для таврового перерізу без урахування стиснутої арматури; на дію скатної компоненти від повного навантаження для прямокутного перерізу,

армованого в розтягнутій і стиснутій зонах стержнями однакового діаметру. Детальний розрахунок прогонів на косий згин проводили для таврового перерізу, армованого в розтягнутій та стиснутій зонах.

Розрахунок опорних частин прогонів (рис.7) проводили за спрощеною схемою, враховуючі тільки роботу металевої 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 по розкриттю тріщин проводили по методики діючих норм.

Результати розрахунку 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, працюючих на косий згин.

Перевірка міцності перерізу показала, що  $M_c > M_q$ , де  $M_c$  – несуча здатність перерізу по згинальному моменту;  $M_q$  – згинаючий момент від дії навантаження. З цього випливає, що міцність перерізу забезпечена.

За результатами розрахунку за деформаціями з урахуванням діючих навантажень, визначений відносний прогин, який становить  $f=1/150l$ , тобто значно менше допустимого за нормами. Розрахунок за розкриттям тріщин виявив ширину розкриття тріщин, яка дорівнює  $a_{cr}=0,15\text{мм}$ , тобто менша за нормами.

Конструкцію залізобетонного таврового прогону зі скошеною полицею для холодних і теплих покриттів сільськогосподарських будівель з азбестоцементною покрівлею (рис.8). укладають по несучим конструкціям каркасу з кроком 3м при теплих покриттях та з кроком 1,5м - при холодних покриттях.

Конструкція прогону має такі параметри: довжина – 6м, вага – 400кг, клас бетону - В35. Використовують два типу робочої арматури: ненапружену зі сталі класу А-III та попередньо напружена зі сталі класів А-IV, А-V. Витрати матеріалів становлять: бетон -  $0,16\text{м}^3$ , сталь в залежності від несучої здатності та виду арматури - 23,9-34,3кг.

Особливістю конструкції є скошена полиця відносно ребра та наявність підрізки 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 косоного згину.

Для імітації такого згину створена спеціальна випробувальна установка, яка дозволяє одночасно проводити випробування двох прогонів. При цьому

кожен прогін встановлюють на каткові шарніри, один з яких є рухомим уздовж осі прогону. Відстань між осями прогонів складала 1485-1515мм. Нахил повздовжньої поверхні прогонів до вертикалі мав кут зі співвідношенням сторін 1:4 (рис 9).

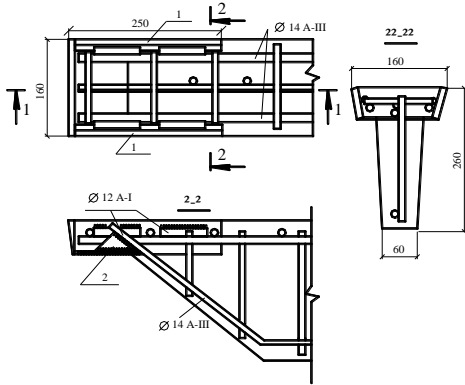


Рис.7. Армування опорного вузла прогону ПЖТ 6-500: 1-сталеві пластина 55x10x250 мм, 2-сталеві пластина 90x5x128 мм

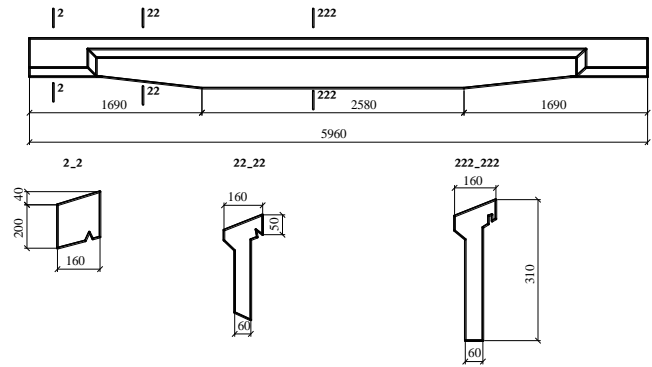


Рис.8. Залізобетонний прогін із скошеною полицею

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

Навантажували прогони ступенями по 60кг. Після прикладання кожного ступня навантаження витримували п'ять хвилин для зняття відліків з вимірювальних приладах. Нормативне навантаження витримували на протязі 30хв. Вертикальні і горизонтальні поперечні осі прогонів посередині їх прольотів, а також осідання опор контролювали прогиномірами системи Аістова. Ширину розкриття тріщин в бетоні вимірювали за допомогою мікроскопа МПБ-2.

Основні результати випробувань приведені в табл.1, з якої видно, що результати випробувань прогонів відповідають вимогам діючих норм за міцністю, жорсткістю та тріщиностійкістю (рис.10).

Прогони бм виготовляли касетним методом (по 8 шт в кожній формі) та впроваджували на будівництві сільських виробничих будівель з полегшеним покриттям (плити АКД, азбестоцементні хвилясті листи, мінеральний утеплювач).

Результати досліджень залізобетонних погонів типу ПЖТ

Індекс прогону	Учасники дослід-ження	Фактична міцність бетону	Фактична границя текучості арматури	Вертикальне переміщення прогону при нормат.наванта-женні, мм	Макс. розкриття гріщин на рівні арматури при нормат.наванта-женні, мм	Дослідне руйнуюче навантаження	Примітки Мета випробування – перевірка несучої здатності приопорних ділянок прогонів
						Розрахункове навантаження	
ПЖТ-6-500	НДІБК Гіпроорг-сільбуд, Вінницк. ОМКБ	$\frac{300}{1530}$		22,2 12,65 26,9	0,12	$C = \frac{705}{509} = 1,41$	Руйнування прольотної частини прогону. Текучість роз-ягнутої арматури з посліду-ючим руйнуванням стиснутої зони бетону
ПЖТ-6-600	Гіпроорг-сільбуд, Вінницк. 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 послідовним руйнуванням стиснутої зони бетону
ПЖТ-6-500	Гіпроорг-сільбуд, Вінницк. ОМКБ	$\frac{385}{4530}$		---	0,1-0,15	$C = \frac{1190}{500} = 2,38$	Руйнування зварних ділянок прогонів по похилим перерізам від точок прикладання навантажень під кутом 45°. Текучість роз-тягнутої арматури з посліду-ючим руйнуванням стиснутої зони бетону

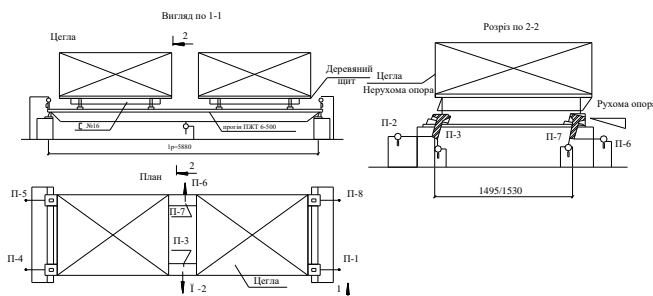


Рис.9. Схема навантаження тарозташування приборів при випробуванні залізобетонних прогонів



Рис.10.Залізобетонні таврові прогони в процесі випробувань

**Висновки.** Найменш матеріаломісткими і найбільш економічними є конструкції таврових залізобетонних прогонів ПЖТ, розроблених інститутами Гіпрооргсільстрой, ЦНИИЭПсельстрой, НИИЖБ, к. УкрНДДіпросільгосп (за участю автора) та к. Укрколгоспроект. Прогони довжиною 6,0 і 5,5м під навантаження 2,5; 3,75; 5,0 і 6,0кН/м пройшли усі стадії розробки, експериментально апробировані, затверджені Держбудом України, включені в каталоги і рекомендовані до використання у покриттях

сільськогосподарських виробничих будинків України.

### Список використаних джерел

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

#### Анотація

Проведен анализ расчетов, конструирования исследования железобетонных тавровых прогонов для покрытия зданий сельского хозяйства. Разработаны наиболее экономичные железобетонные тавровые прогоны.

Ключевые слова: железобетонные тавровые прогоны, покрытия зданий.

#### Annotation

The analysis of calculations, constructing and researches of reinforce-concrete t-shaped girders, is conducted for covering buildings of agriculture. The most economical reinforce-concrete t-shaped girders are developed.

Keywords: reinforce-concrete t-shaped girders, covering buildings.