

**ДО ІСТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОПЕРЕДНЬОГО НАПРУЖЕННЯ ЗБІРНИХ І ЗБІРНО-  
МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА МОСТІВ У  
НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”  
ТА ЇХНЄ ЗАСТОСУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ**

© Гнідець Б.Г., 2010

Дослідження попереднього напруження залізобетонних конструкцій у Національному університеті “Львівська політехніка” (Львівському політехнічному інституті) було розпочато в 60-х роках минулого століття. Перші експериментальні дослідження виконав на кафедрі будівельних конструкцій під керівництвом професора, д-ра техн. наук А.С. Курила доцент кафедри М.П. Мамонтов. Тоді в лабораторії кафедри випробовували дослідні балки, армовані високоміцною арматурою зі сталевих канатів, знятих після відпрацьованого терміну на шахтах. За результатами цих досліджень в 1955 році під авторством проф. А.С. Курила і доц. М.П. Мамонтова були розроблені і опубліковані “Вказівки з проектування і виготовлення залізобетонних балок, армованих попередньо напруженими прядивами сталевих канатів” [1].

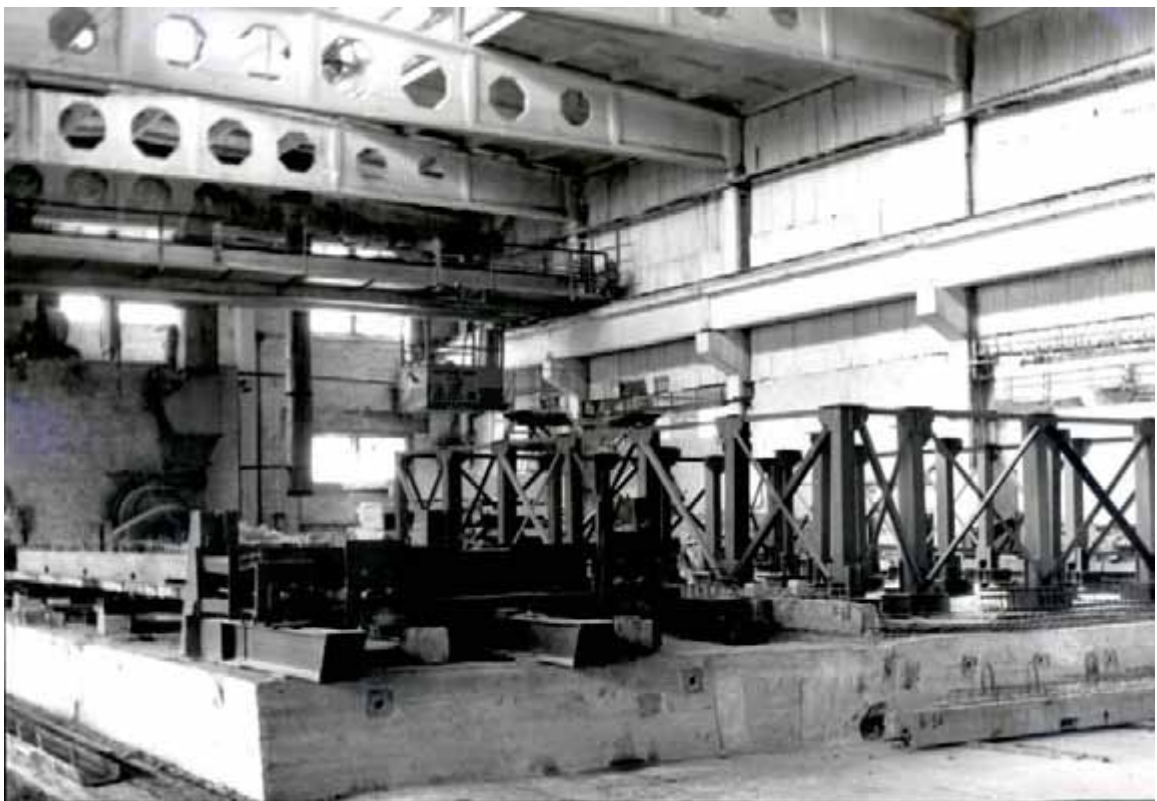
У ці ж роки розпочались також дослідження попередньо напружених залізобетонних конструкцій, армованих стержневою арматурою з електротермічним методом натягу, який запропонував професор Ю.І. Лозовий, завідувач кафедри будівельної механіки і будівельного виробництва. Електротермічний метод попереднього напруження опрацював і дослідив у виробничих умовах доцент Г.Я. Комендат, в його дисертаційній роботі, виконаній під керівництвом проф. Ю.І. Лозового [2], який разом з іншими авторами [3, 4] був за це нагороджений Державною премією. У 1957–1960 рр. у виробничих умовах були виконані випробування дослідних балок довжиною 6,0 м і збірних балок покрить з прогонами 15 і 18 м двотаврової форми. Балки покрить були складені із збірних блоків довжиною 3,0 м. Збірні блоки для балок виготовляли за агрегатно-поточною технологією в цеху заводу ЗБВ-1 (м. Львів). Збирали балки, складені з блоків, у вертикальному положенні на стенді. Після заповнення вертикальних швів шириною 2–4 см цементним розчином і його твердіння в закриті круглі канали блоків заводили стрижневу арматуру діаметром 28–32 мм класу А-Шв. Для натягу електротермічним методом арматуру під’єднували до нагрівальних трансформаторів і після її видовження між закладними деталями в торцях і анкерами встановлювали металеві перекладки розрахункової товщини. Після охолодження арматури і передавання на бетон балок сили попереднього напруження проводили ін’єкцію закритих каналів цементним розчином під тиском від розчинососа [2].

Перші дослідні конструкції балок після випробувань до нормативних і розрахункових навантажень були застосовані для покрить одноповерхових промислових будинків з транспортуванням їх у вертикальному положенні автотранспортом.

У зв’язку з проблемами, які часто виникали під час транспортування балок до будівельних об’єктів було вирішено збирати їх безпосередньо на місці монтажу. Першим таким будівельним об’єктом, на якому було застосовано електротермічне попереднє напруження арматури під час монтажу залізобетонних конструкцій у 1958 р. було будівництво заводу залізобетонних конструкцій №2 у Львові на вул. Польовій №44. На будівництві багатопрогнового цеху з виготовлення залізобетонних конструкцій цього заводу проводили також контрольні випробування балок покрить БНСД-18 до нормативних навантажень (рис. 1).



*Рис. 1. Випробування складених балок покрить типу БНСД-18 на будівництві заводу залізобетонних конструкцій №2 в м. Львові (1958 р.)*



*Рис. 2. Сучасний вигляд конструкцій покрить цеху заводу залізобетонних конструкцій ЗБК-2 в м. Львові з балками БНСД-18*

Ці перші залізобетонні балки покрить довжиною 18,0 м з електротермічним попереднім напруженням під час монтажу успішно експлуатуються вже протягом більше ніж 50 років (рис. 2).

У наступні роки електротермічне попереднє напруження арматури застосовували також під час виготовлення залізобетонних ферм аркового типу (рис. 3) і ферм з лінійних елементів (рис. 4) для покрить одноповерхових промислових будинків. Ферми аркового типу довжиною 18,0 м виготовляли на Львівському заводі залізобетонних виробів №1 в горизонтальному положенні. Попереднє напруження стрижневої арматури нижнього поясу проводилось за технологією, подібною до тої, яка була відпрацьована під час виготовлення балок БНСД-18. Аркові ферми були застосовані на будівництві інструментального заводу в м. Львові (рис. 3).

Електротермічне попереднє напруження арматури в ці роки також застосовували під час збирання полігональних залізобетонних ферм, складених з лінійних збірних елементів. Напружувану стрижневу арматуру нижнього поясу цих ферм розміщали у відкритих каналах зверху. Лінійні елементи для ферм виготовляли в цеху заводу залізобетонних конструкцій №1 за агрегантно-поточною технологією, розкладували на стенді в горизонтальному положенні і з'єднували у вузлах за допомогою зварювання закладних деталей і замонолічування випусків арматури. Після цього у відкриті канали нижнього поясу заводили стрижневу напружувану арматуру з 2Ø32 А-Шв і створювали попереднє напруження електротермічним методом, подібно як під час виготовлення аркових ферм. Замонолічування відкритих каналів з напружуваною арматурою у нижньому поясі ферм проводили після встановлення їх у вертикальне положення.



*Рис. 3. Монтаж аркових залізобетонних ферм довжиною 18,0 м на будівництві інструментального заводу в м. Львові*



*Рис. 4. Випробування полігональних залізобетонних ферм, складених з лінійних елементів на заводі ЗБК №1 в м. Львові*

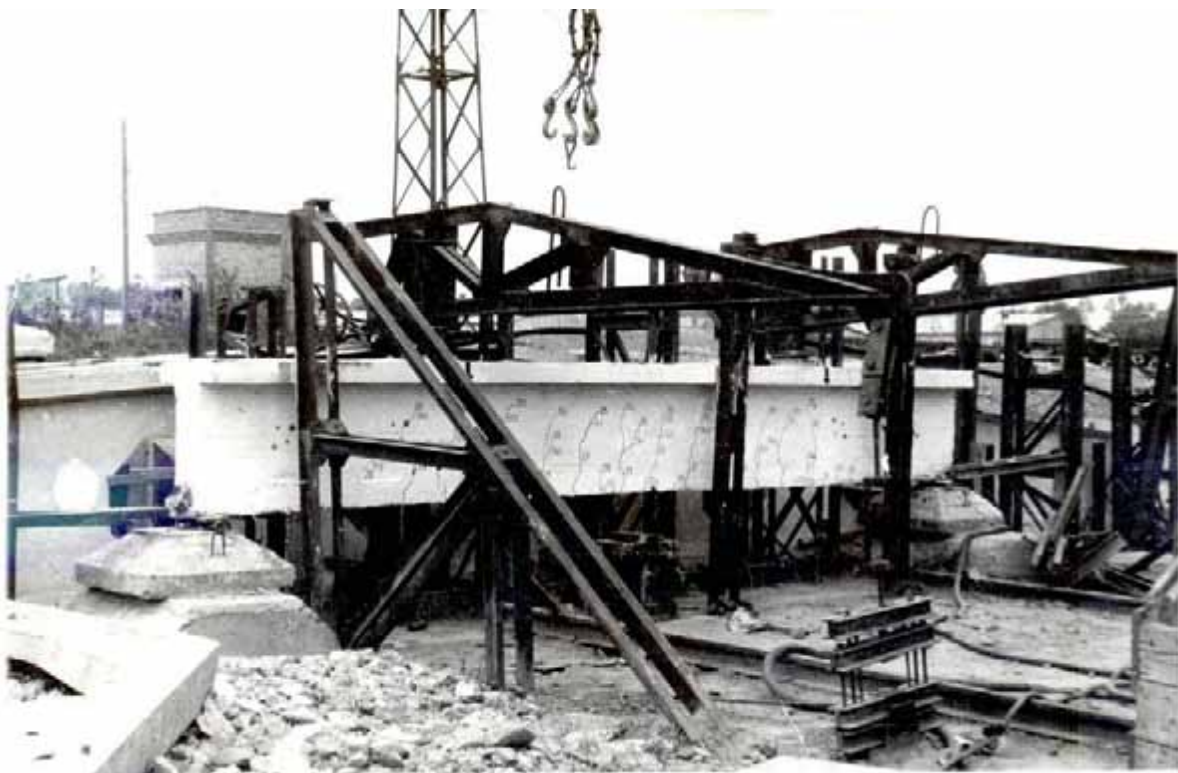
На рис. 4 показано випробування двох таких ферм довжиною 18,0 м з лінійних елементів з завантаженням їх ребристими плитами покриття на полігоні заводу ЗБК №1 в м. Львові [11].

Крім балок і ферм покриття у кінці 60-х і на початку 70-х років у Львівському будівельному тресті розпочали застосовувати попередньо напружені конструкції пустотних і ребрих плит перекриттів і підкранових балок. Впровадження у виробництво перших пустотних плит проводили із застосуванням силового методу попереднього напруження стрижневої арматури на упори силових форм за допомогою гідравлічних домкратів (рис. 5) [7].

Але перехід на широке їх виробництво було здійснено з впровадженням електро-термічного методу натягу спочатку стрижневої арматури класу А-Шв, зміцненої витягуванням, а пізніше з застосуванням високоміцної дротяної арматури з окремих дротів діаметром 5 мм. Згодом була застосована напружувана арматура в вигляді скручених пасм з петльовими анкерами, яку запропонував канд. техн. наук, доцент кафедри будівельного виробництва Я.Ф. Погрібний. Технологію виготовлення і застосування напружуваної високоміцної арматури в вигляді скручених пасм впровадив у виробництво доц. Я.Ф. Погрібний і для інших видів залізобетонних конструкцій: ребрих плит покриття, підкранових і фундаментних балок тощо [6]. Впроваджуючи такі конструкції, широко здійснювали випробування дослідних зразків до руйнування (рис. 6).



*Рис. 5. Натяг стрижневої арматури на упори силових форм за допомогою гідравлічних домкратів*



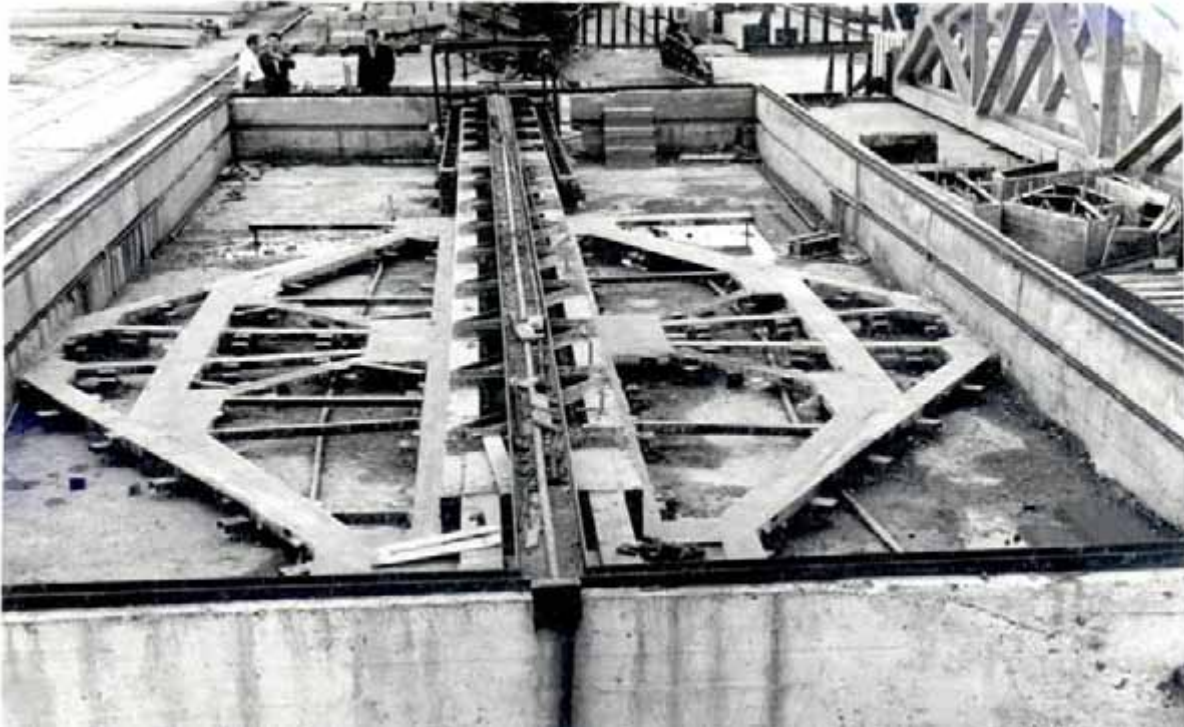
*Рис. 6. Випробування підкранової балки прогоном 6,0 м армованої напруженою високоміцною арматурою в вигляді скручених пасм з петльовими анкерами на стенді заводу ЗБК №1 в м. Львові*

У зв'язку з широким застосуванням попереднього напруження в збірних залізобетонних конструкціях Академії будівництва і архітектури України при Раді з координації наукових робіт було в 60-х роках створено комісію з попередньо напруженого залізобетону. Ця комісія за участю науково-дослідного інституту будівельних матеріалів та виробів Академії в 1960 р. провела першу сесію з координації наукових робіт з попередньо напруженого залізобетону і опрацювала рішення щодо стану і рекомендації для подальшого ширшого застосування попередньо напружених залізобетонних конструкцій.

Будівництво нових і реконструкція існуючих заводів у Львові в 70–80-х роках були пов'язані з впровадженням у виробництво на підприємствах збірного залізобетону нових конструкцій для одноповерхових і багатоповерхових промислових будинків. Так під час реконструкції Львівського автобусного заводу за проектом було передбачено застосування попередньо напружених нетипових на той час крокв'яних ферм з паралельними поясами довжиною 18,0 і 24,0 м та підкрокв'яних ферм довжиною 12 м для плоскої покрівлі. Під час реалізації цього проекту на кафедрі будівельних конструкцій і мостів Національного університету “Львівська політехніка” за угодою і в співпраці з Головлvivбудом і заводами збірного залізобетону було розроблено технологію виготовлення і монтажу цих нових конструкцій та проведено випробування всіх дослідних ферм до руйнування. За технологією виготовлення ферм було передбачено натяг арматури класу А-IIIв груповим силовим методом по 8 і 12 стрижнів одночасно для двох ферм на упори коротких стендів. На рис. 7 показані такі ферми з паралельними поясами довжиною 18 м, виготовлені на полігоні заводу ЗБК №1, а також підкрокв'яні ферми довжиною 12,0 м.



*Рис. 7. Ферми з паралельними поясами довжиною 18,0 м і підкрокв'яні ферми довжиною 12,0 м, виготовлені на заводі ЗБК №1*



*Рис. 8. Стенд для виготовлення підкрів'яних ферм двох видів: для сегментних крокв'яних ферм і ферм з паралельними поясами на заводі ЗБК №1*

На коротких стендах було передбачено виготовлення одночасно двох ферм у горизонтальному положенні (рис. 8). Зусилля у разі натягу напруженої арматури передавались на металеву розпірну конструкцію через торцеві анкерні упори від трьох гідравлічних домкратів на 200 тс, встановлених паралельно [8, 14].

Ферми з паралельними поясами довжиною 24,0 м виготовляли складеними з двох частин по 12,0 м, які після перевезення на місце монтажу з'єднували стиками у верхньому і нижньому поясі на зварюванні закладних деталей (рис. 9) [8].

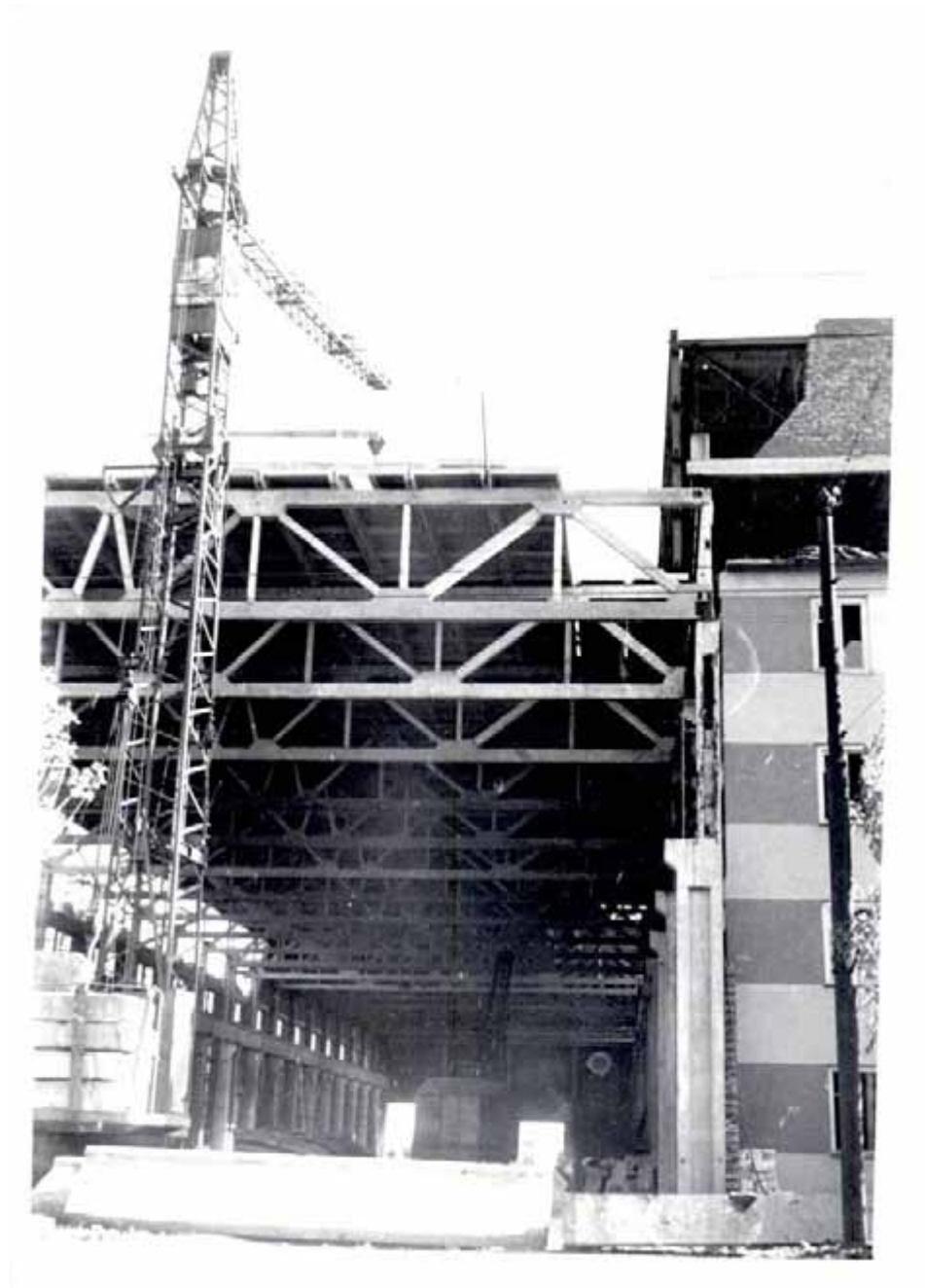
Технологія виготовлення залізобетонних попередньо напружених ферм на коротких стендах з груповим силовим методом натягу стержневої арматури на упори за допомогою гідравлічних домкратів була впроваджена також на інших заводах залізобетонних конструкцій, таких, як завод ЗБК №2 у м. Львові, Червонограді під час виготовлення ферм і балкових конструкцій.

До того ж у лабораторіях і на кафедрах Національного університету "Львівська політехніка" в співпраці з заводами залізобетонних конструкцій об'єднання "Львівзалізобетон" проводили їх випробування і розробляли рекомендації з вдосконалення їх конструкції і технології виготовлення (рис. 10).

Широке застосування попереднього напруження було впроваджено також під час випуску збірних залізобетонних конструкцій пустотних і ребристих плит перекриттів розмірами 1,5×6,0 і 3,0×6,0 м, а також великорозмірних ребристих плит покриттів одноповерхових будинків розмірами 3×12 і 3×18 м. Для натягу арматури плит розмірами 1,5×6, 3×6, 1,5×12 і 3×12, які виготовлялись за агрегантно-поточною технологією застосували переважно електротермічний метод. Виготовляли збірні ребристі плити на проліт розмірами 3×18 м за стендовою

технологією на заводі ЗБК №2 з натягом арматури силовим методом. Такі ребристі плити на проліт були застосовані на будівництві домобудівного комбінату №2 у м. Львові та багатьох інших об'єктах громадського призначення.

Багаторічний досвід застосування попереднього напруження в заводській технології показав, що його ефективно можна застосовувати також у разі монтажу збірних і збірно-монолітних залізобетонних конструкцій, а також для їх підсилення під час експлуатації. Але використання для цього технології з силовим методом натягу арматури на бетон здебільшого є неможливим з умов монтажу конструкцій, обмежених розмірів їх елементів для розміщення напружуваної арматури в закритих каналах, її анкерування тощо.



*Рис. 9. Монтаж крокв'яних ферм з паралельними поясами довжиною 24,0 м і ребристих плит розмірами 1,5 × 6,0 м на будівництві Львівського автобусного заводу*





*Рис. 10. Випробування сегментної ферми довжиною 18,0 м на заводі ЗБК №2 в м. Львові*



*Рис. 11. Випробування великорозмірних ребристих плит покриття розмірами 3 × 18 м на проліт на полігоні заводу ЗБК №2 в м. Львові*

Аналіз результатів досліджень, проведених під час виготовлення залізобетонних балок і ферм [2, 5, 7, 11] з застосуванням технології електротермічного попереднього напруження арматури спричинив ідею про можливість використання її для напружування арматури стиків під час монтажу статично невизначених багатопрогонових нерозрізних балкових і рамних конструкцій. Але для реалізації цієї ідеї необхідно було виконати спеціальні теоретичні та експериментальні дослідження. Такі дослідження автор виконав у 1958–1962 рр. [5, 9, 12, 13, 15], а також в наступні роки, і вони продовжувались під час опрацювання і впровадження у виробництво нових збірних і збірно-монолітних залізобетонних конструкцій покриттів та перекриттів промислових і громадських будинків, інженерних споруд та мостів. Використання електротермічного попереднього напруження арматури стиків під час монтажу конструкцій дало можливість створити нові конструктивно-технологічні рішення будинків та споруд із застосуванням збірного і збірно-монолітного залізобетону для:

- багатопрогонових нерозрізних у двох напрямках конструкцій покриттів одноповерхових будинків з сітками колон 18×12 і 18×24 м. [16];
- конструкцій перекриттів і каркасів багатоповерхових будинків зі збільшеною сіткою колон 9×12, 12×12 і 12×18 м для великих навантажень [17, 20, 24];
- великопрогонових перекриттів багатоповерхових громадських будинків різної форми в плані в вигляді перехресних систем і кесонних конструкцій [19, 21, 24];
- збірно-монолітних нерозрізних прогонових будов мостів плитної, ребристої і коробчастої конструкції, зокрема для складних умов будівництва [22, 23, 24];
- перекриттів інженерних підземних споруд.

Технологію електротермічного попереднього напруження арматури стиків широко застосовували під час монтажу нових статично-невизначених збірно-монолітних залізобетонних конструкцій у таких будинках та спорудах:

- 1) Навчально-виробнича база Національного університету “Львівська політехніка” (рис. 12, конструкції покриттів та перекриттів – 1975 р.);
- 2) Фабрика гігроскопічної вати в м. Черкасах (конструкції покриттів – 1975 р.);
- 3) Бавовняно-прядильна фабрика в м. Долині, Івано-Франківської області (рис. 13, конструкції покриттів з сіткою колон 12×18 м – 1978 р.);
- 4) Торговий зал магазину “Дунай” у м. Львові (збірно-монолітне кесонне перекриття 12×18 м – 1972 р.);
- 5) Автобусна станція №2 в м. Львові (рис. 14, збірно-монолітні конструкції покриття непрямокутної форми, 1980 р.);
- 6) Реконструкція будинку культури ім. Гната Хоткевича в м. Львові (рис. 15, кесонне перекриття цокольного поверху 12×20 м, 1979 р.);
- 7) Лабораторно-виробничий корпус інституту “Містопроект” в м. Львові (рис. 16а, б, кесонні перекриття спортивного і актового залів, 1984 р.);

- 8) Завод електродвигунів у м. Ужгород (рис. 17, кесонне перекриття круглого актового залу діаметром 18 м, 1986 р.);
- 9) Санаторій “Кришталевий палац” в м. Трускавці (рис. 18а, б, кесонне перекриття плавального басейну і спортивного залу 18×30 м – 1984 р.);
- 10) Готель “Бескид” в м. Трускавці (рис. 19, кесонні перекриття вестибулів 12-ти поверхів непрямокутної форми – 1986 р.);
- 11) Підземна насосна станція Сихівського житлового масиву в м. Львові (перекриття для великих навантажень – 1984 р.);
- 12) Актовий зал і гараж по вул. Вітовського в м. Львові (збірно-монолітні перекриття);
- 13) Адміністративний будинок в м. Львові по вул. Стрийській (рис. 20а, б, кесонні перекриття стилобату, актового залу і підземного гаражу – непрямокутної форми для великих навантажень – 1986 р.);
- 14) Завод “Мікроприлад” в м. Львові (рис. 21а, б, в, перекриття і каркас триповерхового будинку з сіткою колон 12×9 м для великих навантажень – 1993 р.);
- 15) Церква Св. Володимира й Ольги в м. Львові (рис. 22а, б, трипрогонове нерозрізне кесонне перекриття над цокольним поверхом – 1996 р.);
- 16) Житловий будинок у м. Львові (рис. 23, сталезалізобетонні кесонні перекриття першого поверху, 1997 р.);
- 17) Міст через р. Уж у Житомирській обл. (багатпрогонова нерозрізна прогонова будова – 1973 р.);
- 18) Шляхопровід у м. Ужгороді (трипрогонова нерозрізна конструкція прогонової будови – 1976 р.);
- 19) Церква Різдва Пресвятої Богородиці в м. Новий Розділ (рис. 24, збірно-монолітний залізобетонний купол діаметром 15 м – 2004 р.);
- 20) Автомобільна естакада під’їзду до нового терміналу Державного міжнародного аеропорту “Бориспіль” (рис. 27, 28, прогонова будова коробчатої форми на кривих – Київ – 2007 р.).

Для проектування збірно-монолітних статично невизначених залізобетонних конструкцій цих будинків і споруд з напружуваними стиками і впровадження їх у виробництво, а також експериментальної перевірки основних засад і методики їх розрахунку, було розроблено і виконано широку програму експериментальних досліджень. Програмою експериментальних досліджень було передбачено проведення випробувань дослідних зразків елементів конструкцій, великорозмірних моделей, дослідних конструкцій і їхніх фрагментів, виконаних в натуральну величину, а також натурних випробувань конструкцій будинків та споруд на об’єктах дослідного будівництва. Обсяг проведених експериментальних досліджень наведено в табл. 1, а

загальний вигляд випробувань окремих видів конструкцій з посиланням на порядковий номер у таблиці показано на рис. 30–59.

У цих дослідженнях, які були проведені за останні 40 років, брали участь під керівництвом автора аспіранти [17, 19, 21, 22, 23], наукові працівники кафедри будівельних конструкцій і мостів та кафедри мостів і будівельної механіки, працівники лабораторій НДЛ-23 і НДЛ-46, а також працівники багатьох проектних і будівельних організацій м. Львова та ін. Результати цих досліджень опубліковані в багатьох статтях різних видань у співавторстві з усіма виконавцями, аспірантами і дослідниками [14, 16, 24], а також у авторській монографії [25].

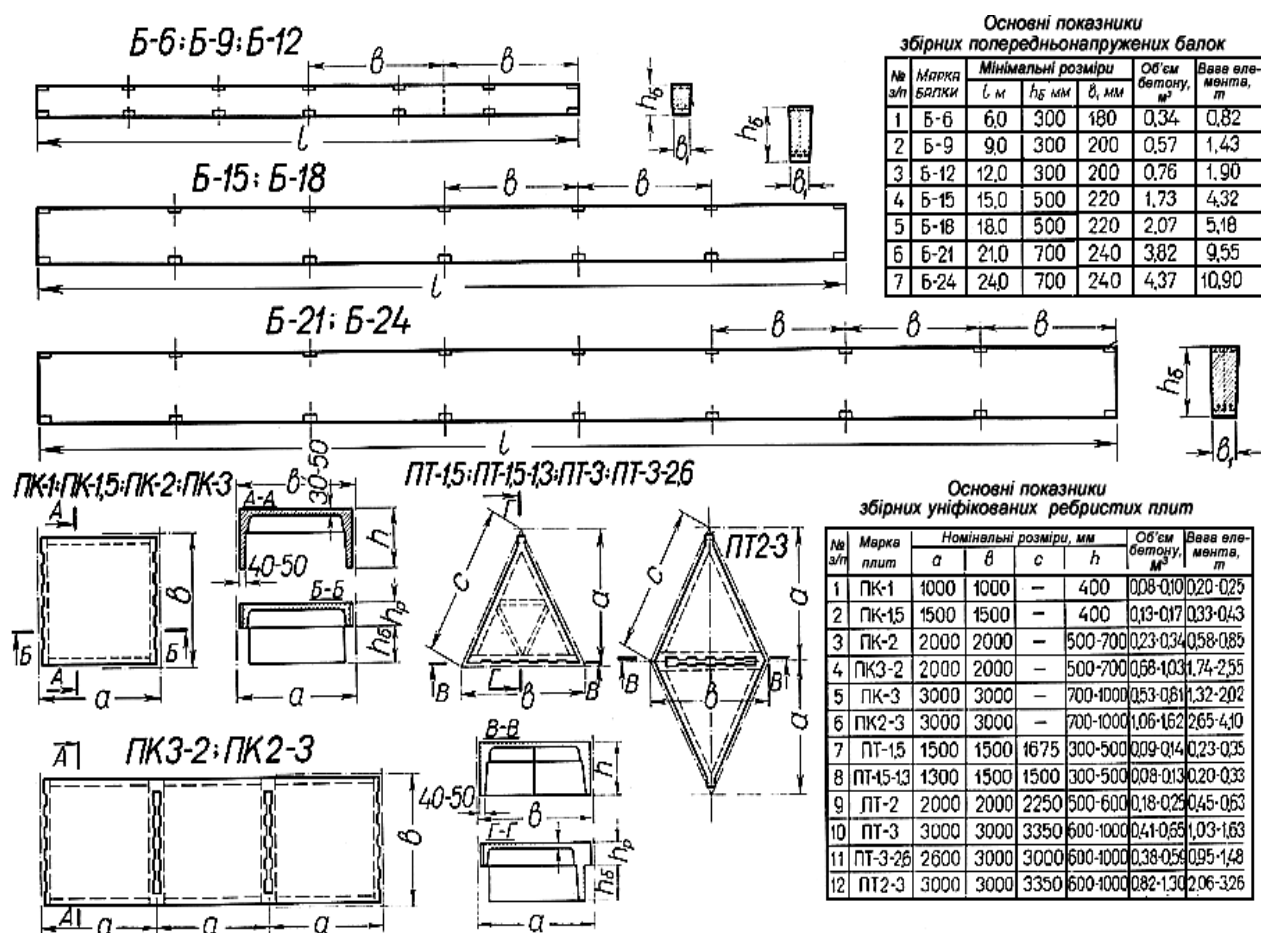


Рис. 29. Номенклатура збірних балок завдовжки від 6 до 24 м і ребристих плит прямокутної і трикутної форм для збірно-монолітних кесонних перекриттів різної форми



*Рис. 12. Загальний вигляд збірно-монолітних конструкцій покриттів будинку навчально-виробничої бази Національного університету "Львівська політехніка" (1974 р.)*



*Рис. 13. Багатопрогонові нерозрізні балки покриття з прогонами 12,0 м і напруженою арматурою стиків (м. Долина, Івано-Франківської області)*



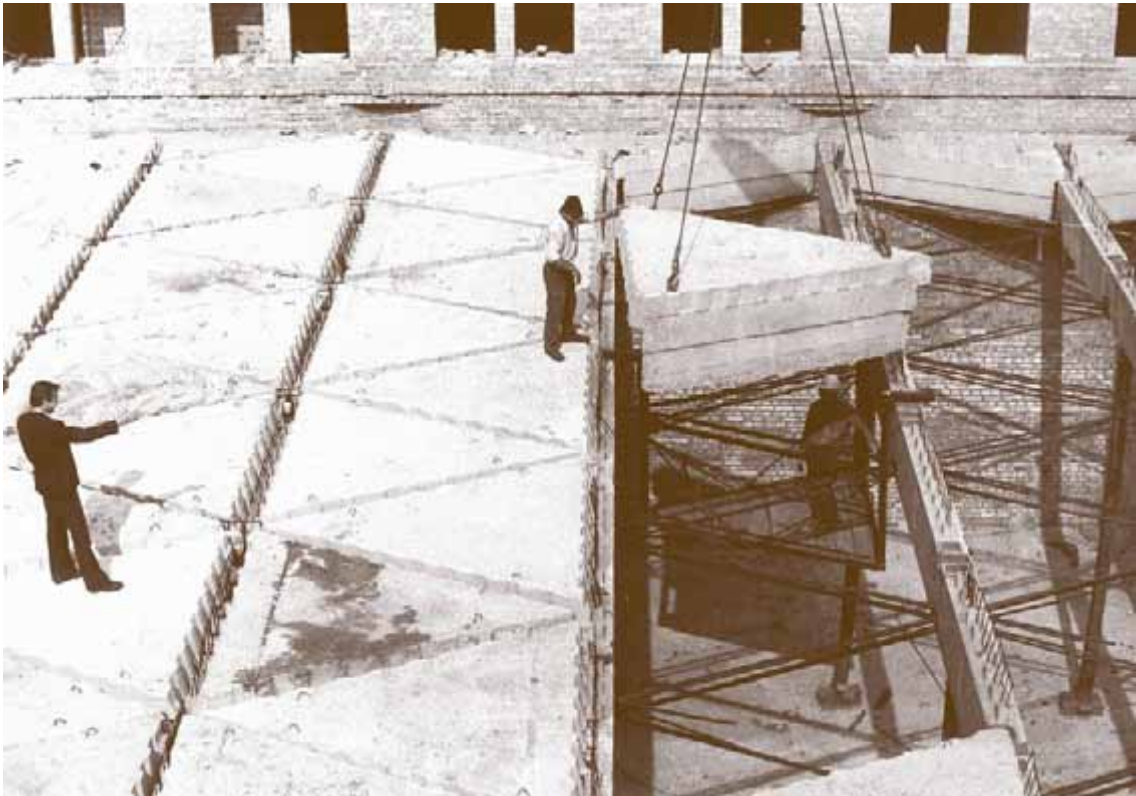
*Рис. 14. Двоконсьольне збірно-монолітне кесонне перекриття багатокутної форми розмірами 19,8 × 17,6 м (м. Львів, автобусна станція №2 на вул. Б. Хмельницького)*



*Рис. 15. Збірно-монолітне кесонне перекриття залу Будинку культури з трикутними кесонами розмірами 12 × 20 м (м. Львів, будинок культури ім. Г. Хоткевича)*



*Рис. 16а. Будинок інституту “Містопроект” з кесонних перекриттів розмірами 18 × 24 м (м. Львів, спортивний і актовий зали)*



*Рис. 16б. Монтаж збірних елементів збірно-монолітних кесонних перекриттів актового залу розмірами 18 × 24 м (м. Львів, інститут “Містопроект”)*



*Рис. 17. Збірно монолітне кесонне перекриття актового залу круглої форми діаметром 18,4 м (м. Ужгород, завод електродвигунів)*



*Рис. 18а. Загальний вигляд лікувального санаторію “Кришталевий палац” з плавальним басейном і спортивним залом (м. Трускавець)*





*Рис. 18б. Збірно-монолітне перекриття плавального басейну розмірами 18 × 30 м (м. Трускавець, санаторій “Кришталевий палац”)*



*Рис. 19. Збірно-монолітне кесонне перекриття вестибулів багатоповерхового готелю “Бескид” у м. Трускавці*



*Рис. 20а. ЗМКП актового залу непрямокутної форми для великих навантажень  
(м. Львів, стилобат адміністративного будинку на вул. Стрийській)*



*Рис. 20б. ЗМКП цокольного поверху непрямокутної форми для великих навантажень  
(м. Львів, стилобат адміністративного будинку на вул. Стрийській)*



*Рис. 21а. Монтаж елементів каркасів і перекриттів багатоповерхових будинків з сіткою колон 9 × 12 м (м. Львів, завод “Мікроприлад”)*



*Рис. 21б. Загальний вигляд дослідних каркасів і перекриттів багатоповерхового будинку з сіткою колон 9 × 12 м у поперечному напрямі ригелів*



*Рис. 21в. Натяг арматури стиків електротермічним методом з ванним зварюванням її до випусків з балок збірно-монолітного балкового перекриття*



*Рис. 22а. Загальний вигляд церкви Св. Володимира і Ольги в м. Львові із застосуванням для перекриттів цокольного поверху трипрогонових нерозрізних ЗМКП*



*Рис. 22б. Збірно-монолітне нерозрізне перекриття цокольного поверху церкви Св. Володимира і Ольги (м. Львів)*



*Рис. 23. Збірно-монолітне сталезалізобетонне кесонне перекриття житлового будинку (м. Львів)*



*Рис. 24. Загальний вигляд церкви Різдва Богородиці в м. Новий Розділ із застосуванням збірно-монолітного залізобетонного купола діаметром 15 м*



*Рис. 25. Загальний вигляд випробувань дослідної конструкції прогонової будови моста НМ-2 3-3 в лабораторії Національного університету "Львівська політехніка"*



*Рис. 26. Будівництво багатопроганового нерозрізного моста з напружуваними стиками з пустотних плит (Житомирська область, р. Уж, прогони – 24,0 м)*



*Рис. 27а. Загальний вигляд випробувань дослідної конструкції проганової будови естакади на кривій на випробувальному стенді*



*Рис. 27б. Загальний вигляд випробувань дослідної конструкції прогонової будови надпорної ділянки естакади*



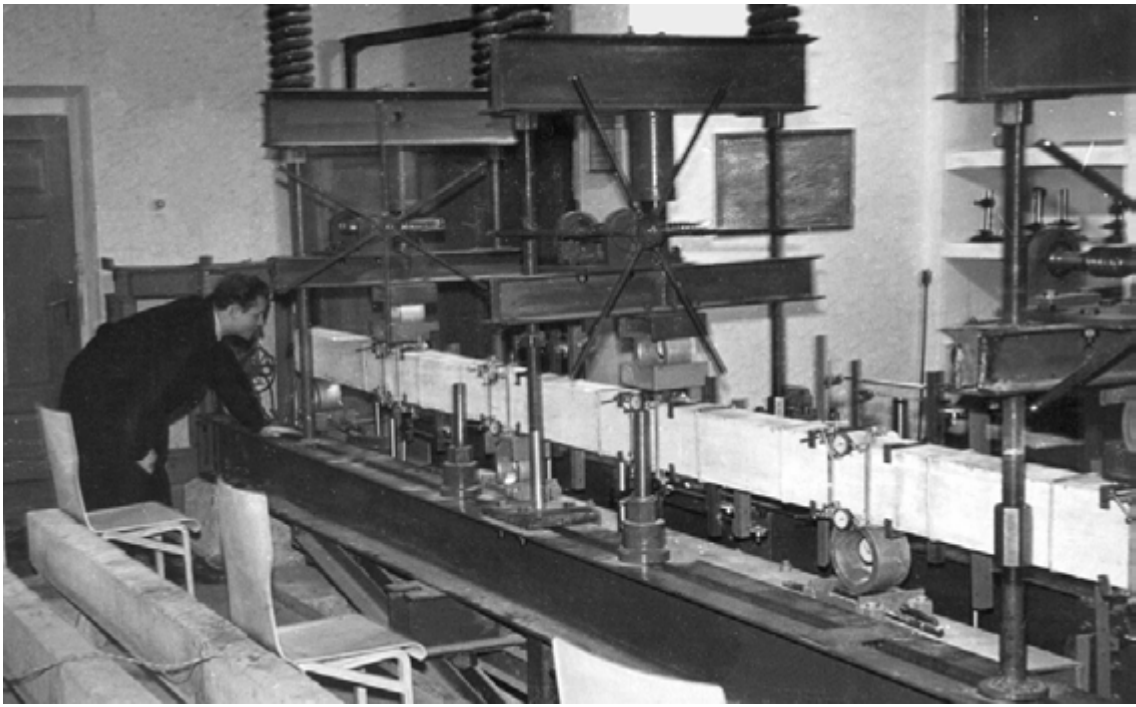
*Рис. 28. Проектні пропозиції збірно-монолітних залізобетонних конструкцій інженерних споруд з використанням трикутних ребристих плит: резервуарів, аркових перекриттів підземних споруд, силосів з великим діаметром, купольних ребристих перекриттів, градирні та споруд баштового типу*



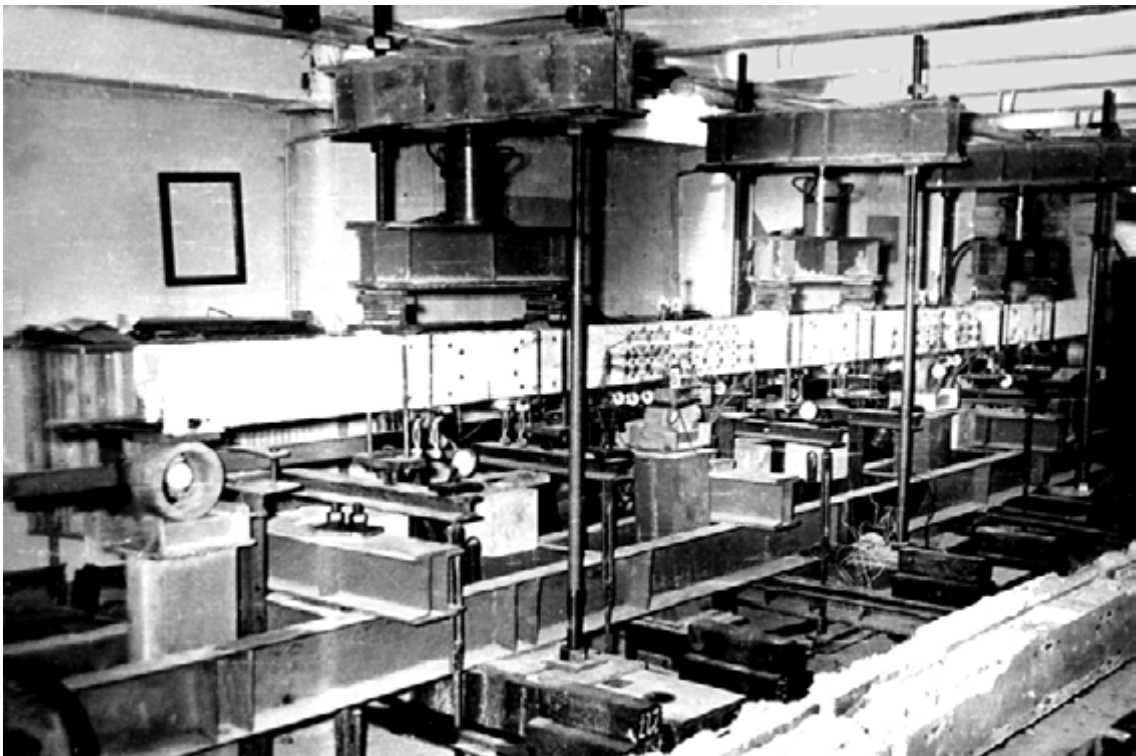
Таблиця 1

№ з/п	Характеристика дослідних зразків і конструкцій	К-сть дослідних зразків	Розміри дослідних зразків і конструкцій							
			Загальна довжина, м	Величина прогонів, м	Величина консолю, м	прогонового перетину				
						$h$ , см	$b$ , см	$b'_f$ , см	$h'_f$ , см	$b_f$ , см
1.	Трипрогонові нерозрізні балки серії БНС,БНЦ і БНСЕ	8	6,14	2,0	–	20	12	–	–	–
2.	Трипрогонові нерозрізні балки серії БДС	8	6,14	2,0	–	20	12	–	–	–
3.	Трипрогонові рами серії Р-І, Р-ІІ і Р-ІІІ	9	5,56	1,8	–	20	12	–	–	–
4.	Трипрогонова збірно-монолітна балка БНП-6×3	1	18,0	6,0	–	65	80	130	4	17
5.	Однопрогонова балка НБП-6	1	6,0	5,7	–	50	80	26	8	17
6.	Стик балки НБП-6	1	6,0		2,0	65	17	26	6	26
7.	Монолітні кесонні перекриття КПМ-І і КПМ-ІІ	2	6,09	4,0/6,0	–	23	9	100	3,5	–
8.	Збірно-монолітні кесонні перекриття (ЗМКП) - КПСМ-І	1	6,09	4,0/6,0	–	23	9	100	3,5	–
9.	Збірно-монолітні кесонні перекриття ЗМКП-5,6×7,8	1	7,9	5,6/7,8	–	25	10/12	130	2,0	–
10.	Двопрогонові збірно-монолітні перекриття серії НМ-2×3	3	6,2	3,0	–	20	10	50	2,5	–
11.	Збірно-монолітні перекриття серій М-3	3	3,2	3,0	–	20	10	50	2,5	–
12.	Фрагмент збірно-монолітної двохконсольної конструкції балок покриття	1	36,0	18,0	9,0	150	10/22	350	2,5/6,0	32
13.	Однопрогонова балка покриття НБПС-18	1	18,0	17,6	–	114	1,0/22	32	10	32
14.	Фрагмент одноконсольної балки	1	15,1	11,25	3,18	70	50	–	–	–
15.	Трипрогонова нерозрізна плита НПП-12×3	1	36,0	12,0	–	36	8,5	295	2,5	–
16.	Плита перекриття розмірами 1,5×12 м	2	11,6	11,44	–	48	10	145	6,0	–
17.	Стик плит перекриття розмірами 1,5×12 м	1	11,6	–	3,07	48	14	–	6,0	145
18.	Стик ригелів перекриття прогоном 9,0 м	1	8,28	–	3,95	90	30	65	40	–
19.	Стики з армоцем. прокладк. серій С-1, С-2, С-3, С-4	4	0,85	–	–	40	32	–	–	–
20.	Збірна балка БКС-12	1	11,96	11,8	–	50	24(28)	–	–	–

№ з/п	Характеристика дослідних зразків і конструкцій	К-сть дослідних зразків	Розміри дослідних зразків і конструкцій							
			загальна довжина, м	величина прогонів, м	величина консолі, м	прогонового перетину				
						$h$ , см	$b$ , см	$b'_f$ , см	$h'_f$ , см	$b_b$ , см
21.	Збірно-монолітна балка БКСМ-12	1	11,96	11,8	–	80	24(32)	–	–	–
22.	Збірна балка БКС-18	1	17,96	17,7	–	70	24(29)	–	–	–
23.	Збірно-монолітна балка БКСМ-18	1	17,96	17,7	–	100	24(34)	–	–	–
24.	Трикутна плита ПТК-30	1	2,96	2,84	–	80	16(12)	0/271	6	–
25.	Шестикутний фрагмент ПФСМКП-6	1	7,0	6,0	–	80	24	300	5	–
26.	П'ятипрогонова підкранова балка	1	30,0	6,0	–	50	8/17	32	9	17
27.	Підкранова балка прогоном 12,0 м	1	11,96	11,7	–	100	14/34	65	16/20	34/54
28.	Стик підкранової балки прогоном 12,0 м	1	11,96	–	5,15	100	34/14	54/34	10/29	65
29.	Одноконсольна збірно-монолітна балка БКСМ-15-6	1	21,0	14,7	5,62	100	24(28)	165	15	–
30.	Фрагмент прогонової будови моста БП-15-6	1	21,06	14,7	6,05	60	230	94(98)	6	98(94)
31.	Трипрогонові нерозрізні балки покриття з прогоном 18,0 м	2	54,0	18,0	–	150	10/22	300	2,5/6	32
32.	Кесонні перекриття ЗМКП-12-18	1	18,2	12/18	–	50	20/20	200	5	–
33.	Кесонні перекриття ЗМКП-12-20	1	20,2	12/20	–	60	24(26)	24/150	5	–
34.	Кесонні перекриття ЗМКП-18-24	1	24,3	18/24	–	100	24(28)	300/260	5	–
35.	Кругле кесонне перекриття $d=18,4$ м	1	18,4	18,0	–	80	24(28)	300/260	5	–
36.	Багатокутне кесонні перекриття	1	19,8	6/9	–	30	12	150/280	2,5	–
37.	Перекриття багатоповерхового будинку з сіткою колон 9x12м.	1	60,0	9/12	–	100	24(28)	150/180	5,0	–
38.	Сталезалізобетонне кесонне перекриття розмірами бхбм.	1	6,0	6/6	–	50	22	200	5,0	–
39.	Надпорна балка прогонової будови моста БМД 6-2	1	7,8	14,4	4,95	80	20	80	12,0	80
40.	Балка прогонової будови моста на кривій БС-4.6-3	1	10,6	8,4	1,10	83	20	75	12	80



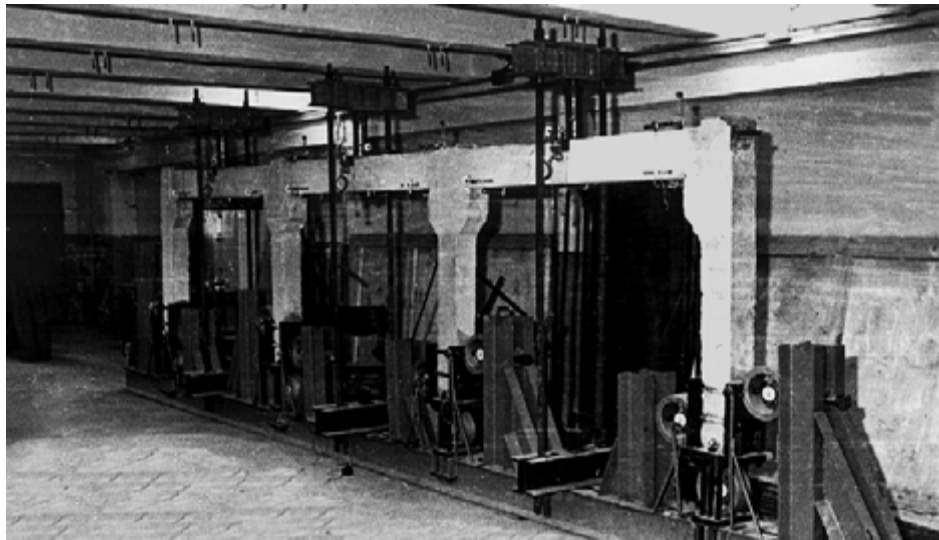
*Рис. 30. Випробування трипрогонової нерозрізної балки серії I на стенді в лабораторії (1960 р.)*



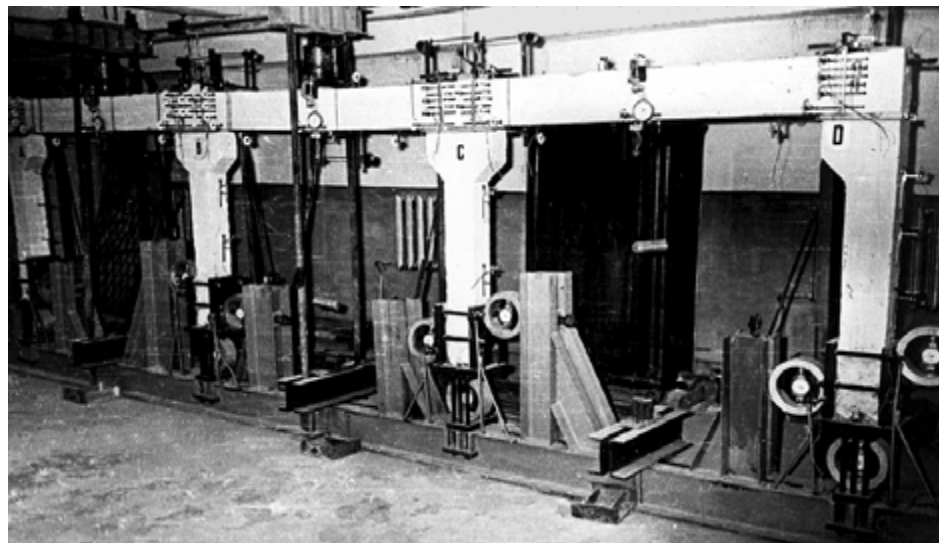
*Рис. 31. Загальний вигляд устави і випробувань нерозрізних балок у лабораторії (п. 1 в табл. 1)*



*Рис. 32. Загальний вигляд довготривалих випробувань балок серії БД (5,6,7 і 8 серії) (п. 2 в табл. 1)*

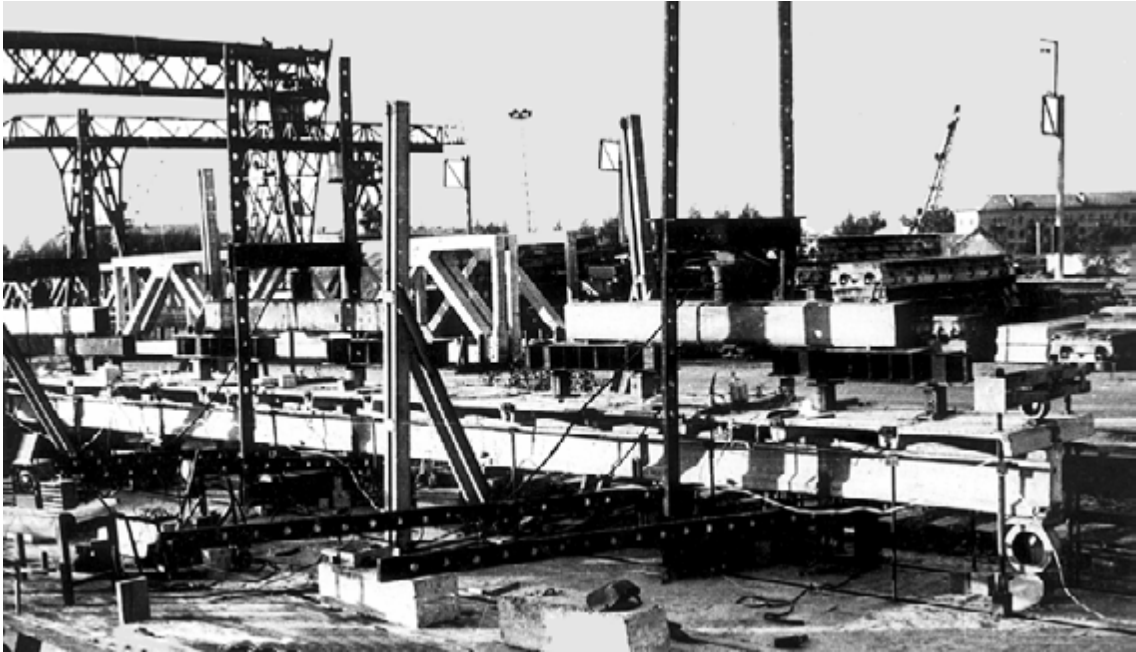


*а)*

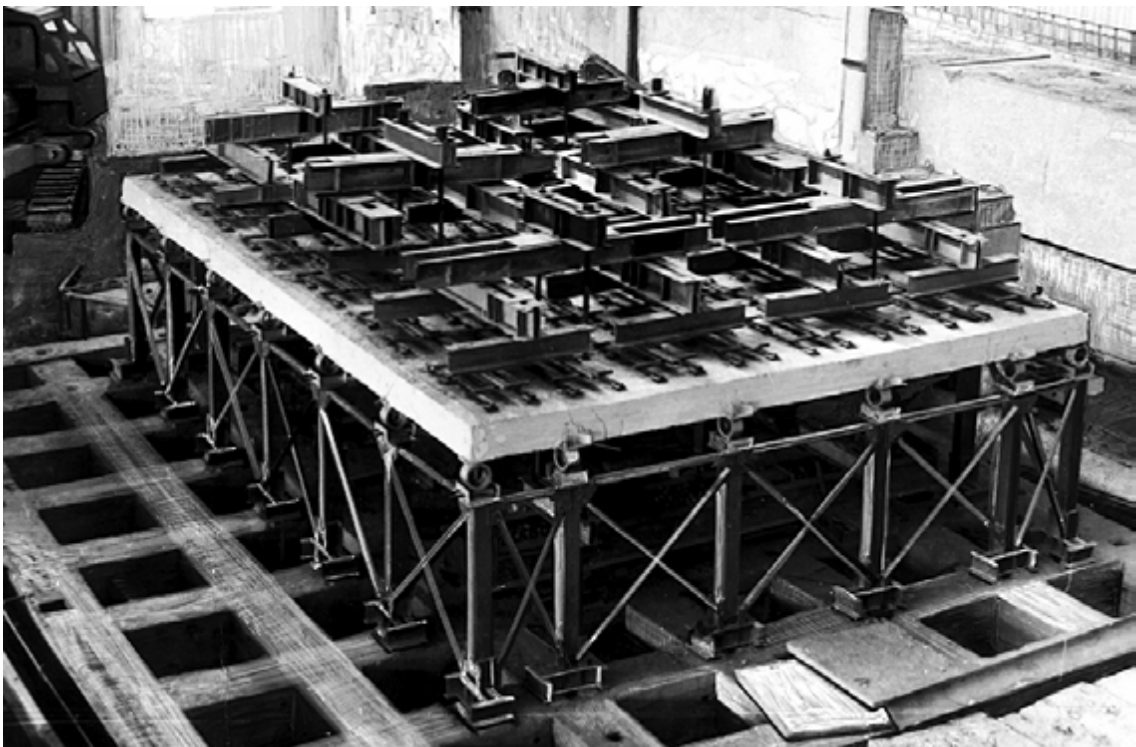


*б)*

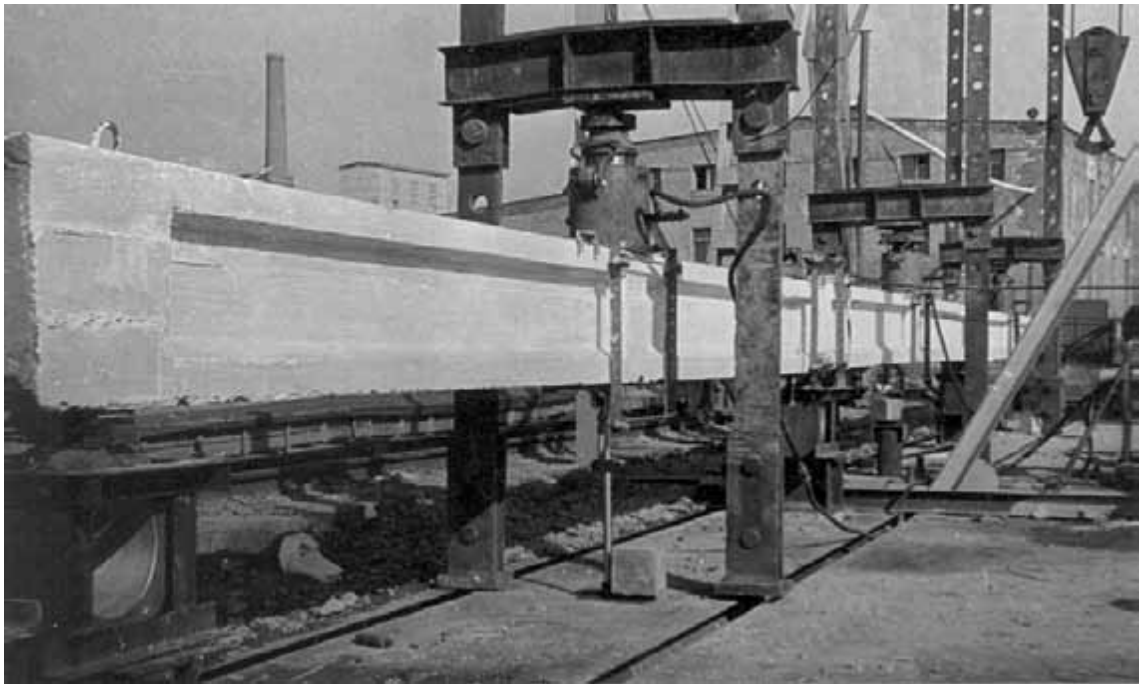
*Рис. 33. Загальний вигляд випробувань рами:  
а – з завантаженням усіх прогонів; б – з завантаженням 1-го і 2-го прогонів (п. 3 в табл. 1)*



*Рис. 34. Загальний вигляд випробувань збірно-монолітної дослідної трипрогонової нерозрізної конструкції з прогинами по 6,0 м (НБП-6 '3) (п. 4 в табл. 1)*



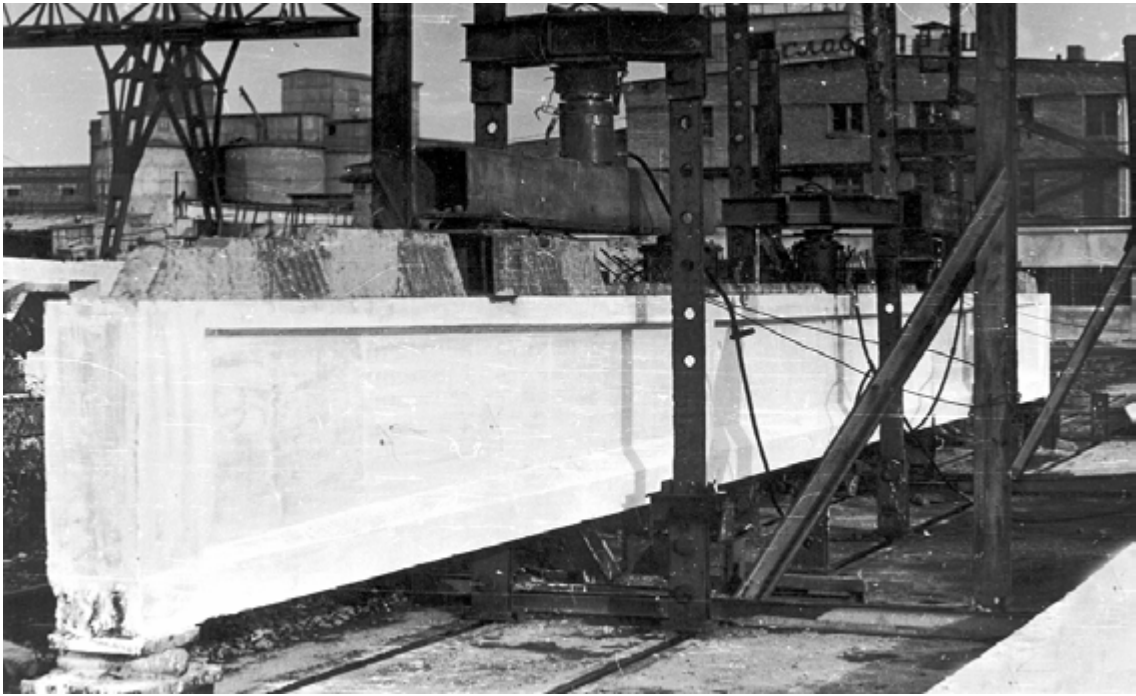
*Рис. 35. Загальний вигляд випробувань збірно-монолітного кесонного перекриття (ЗМКП-1) з розмірами 5,6 '7,8 м (п. 9 в табл. 1)*



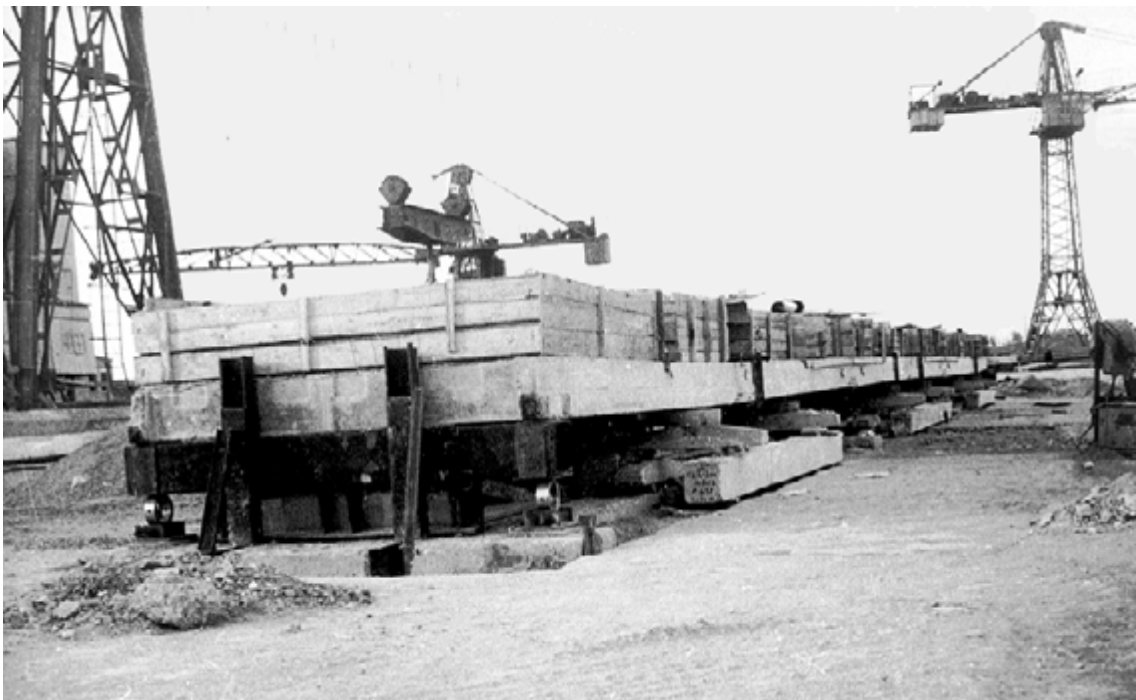
*Рис. 36. Випробування дослідних збірних нерозрізних балок серії V на стенді заводу ЗБК № 1 тресту "Львівпромбуд" із заміром опорних реакцій кільцевими динамометрами на 100 т*



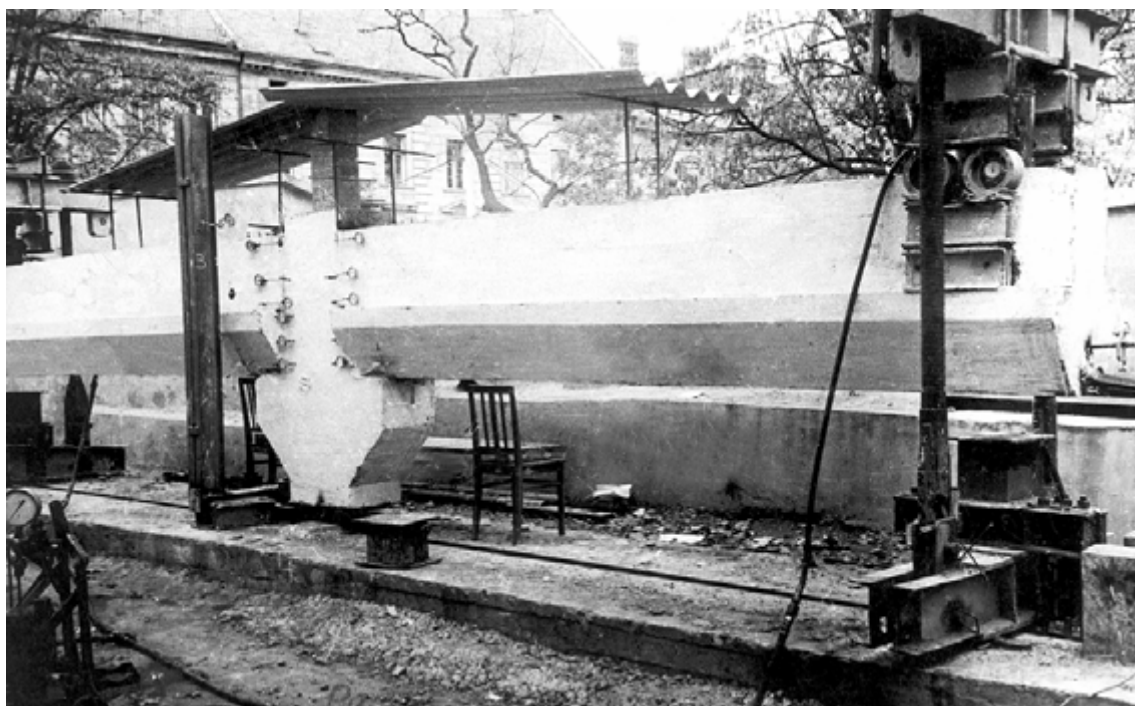
*Рис. 37. Загальний вигляд випробувань фрагмента дослідної двоконсольної збірно-монолітної конструкції балки покриття прогоном 18,0 м з консольми по 9,0 м (задовжки 36,0 м) (п. 12 в табл. 1)*



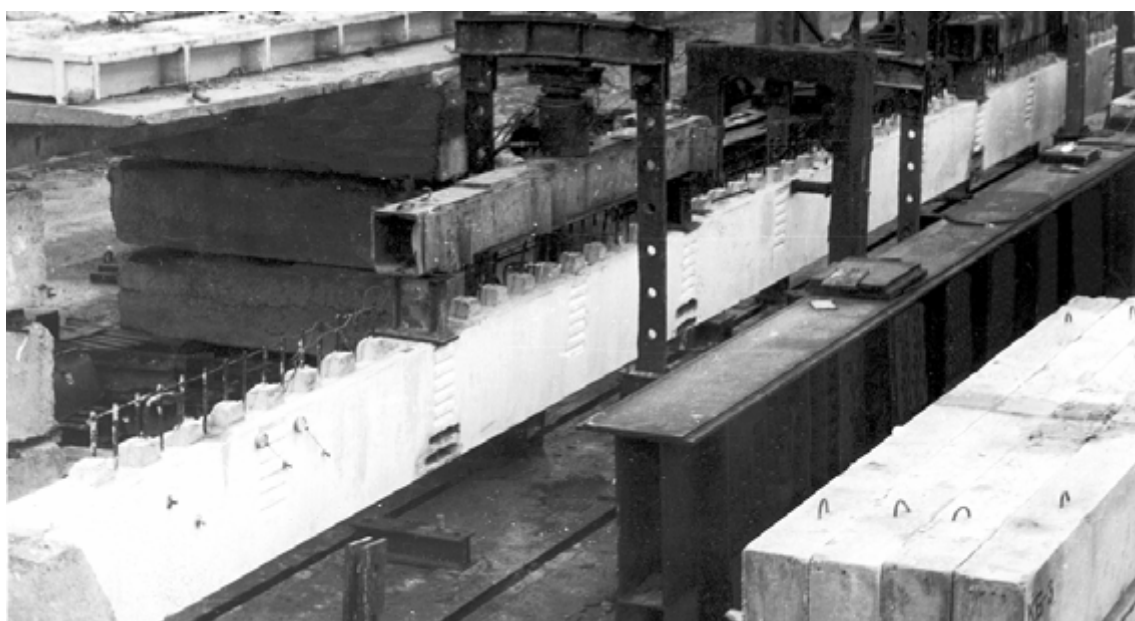
*Рис. 38. Випробування збірної балки НБПС-18 для збірно-монолітних покриттів на навантаження, що діють у стадії монтажу (п. 13 в табл. 1)*



*Рис. 39. Загальний вигляд випробувань дослідної трипрогонової нерозрізної конструкції плит покриттів з прогонами по 12,0 м завдовжки 36,0 м (НПП-12 '3) (п. 15 в табл. 1)*



*Рис. 40. Загальний вигляд випробувань стику ригеля прогоном 9,0 м з напруженою арматурою (п. 18 в табл. 1)*

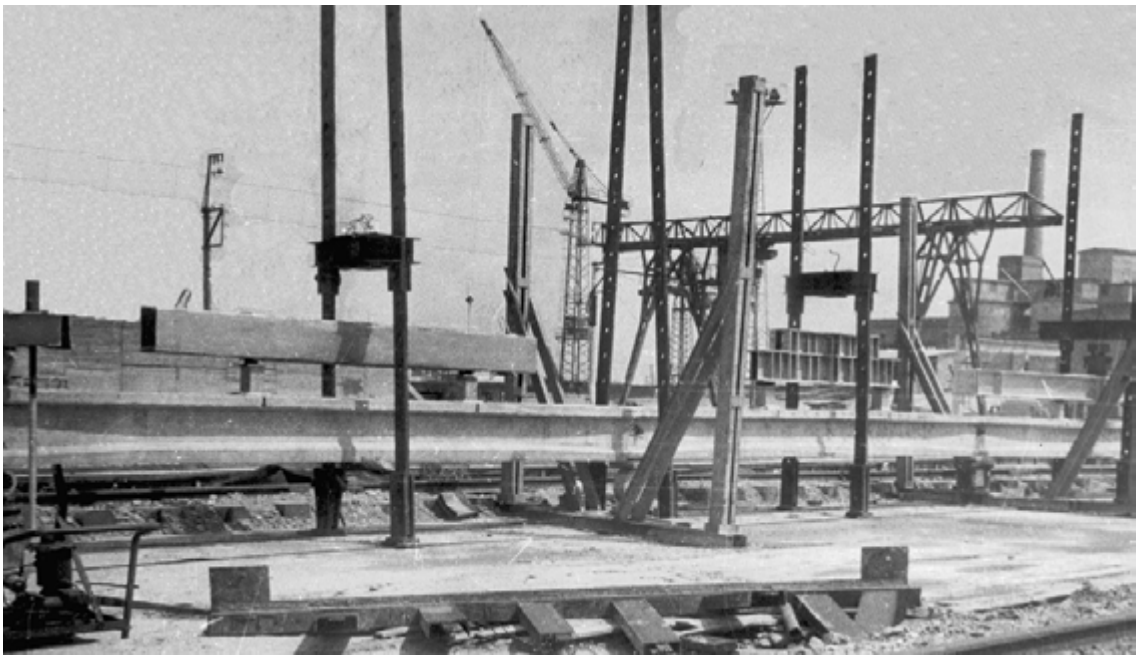


*Рис. 41. Загальний вигляд випробувань дослідної балки БКС-18 прогоном 18,0 м на монтажні навантаження (п. 22 в табл. 1)*

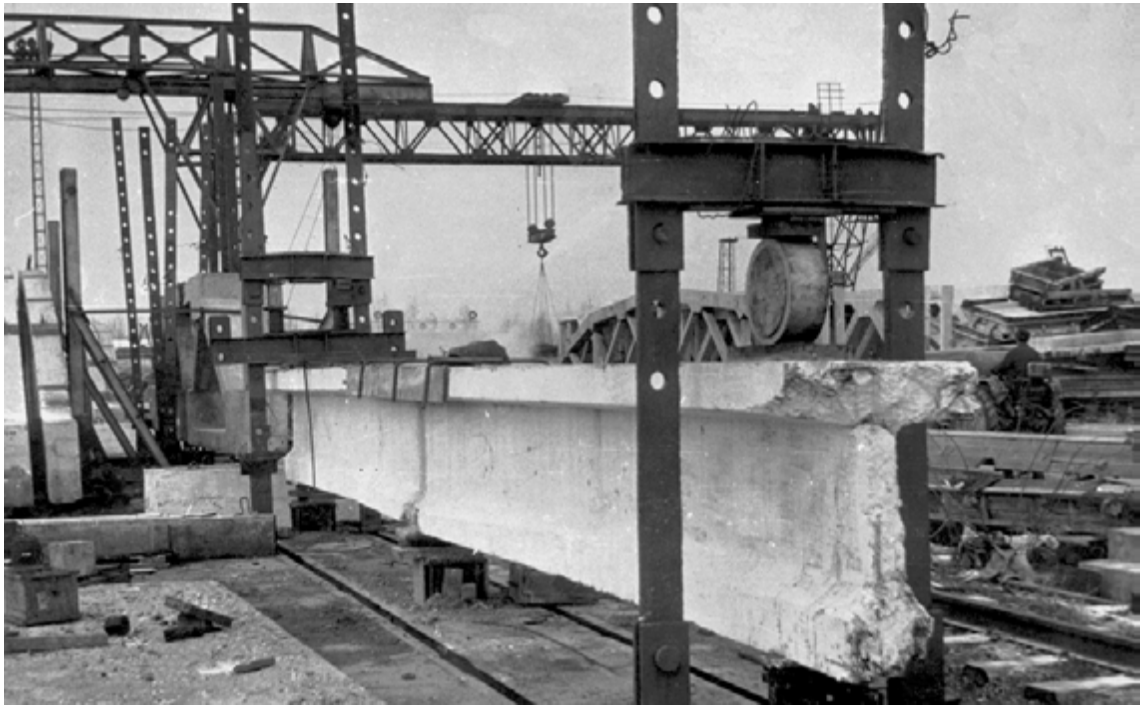




*Рис. 42. Загальний вигляд випробувань дослідної конструкції шестикутного фрагмента розмірами  $b \times b$  м для ЗМКП (п. 25 в табл. 1)*



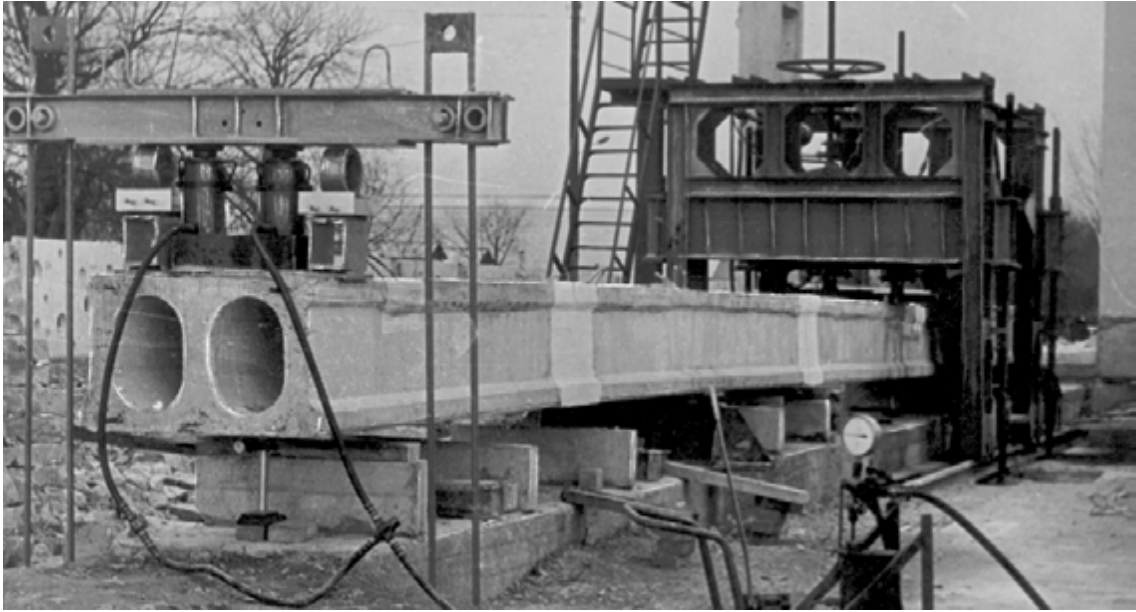
*Рис. 43. Загальний вигляд випробувань п'ятипрогонової нерозрізної підкранової балки з прогонами  $6,0$  м (п. 26 в табл. 1)*



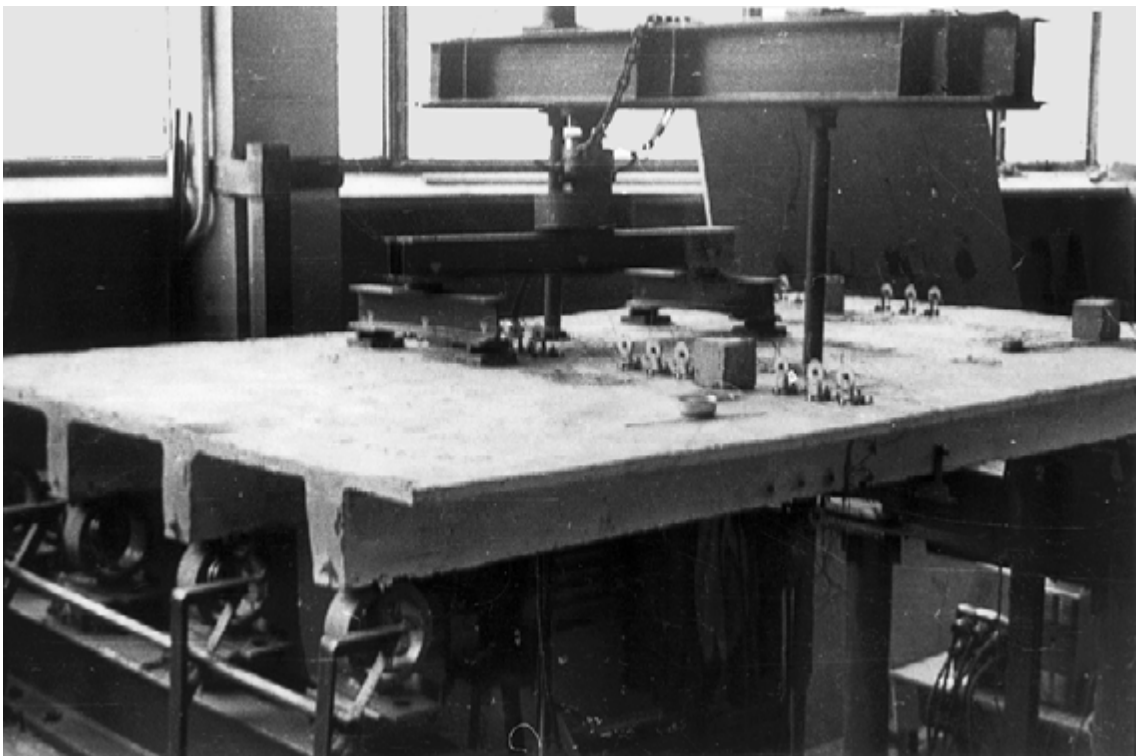
*Рис. 44. Загальний вигляд випробувань стику підкранової балки прогоном 12,0 м (п. 27 в табл. 1)*



*Рис. 45. Загальний вигляд випробувань дослідної одноконсольної збірно-монолітної конструкції БКСМ-15-6 (п. 29 в табл. 1)*



*Рис. 46. Загальний вигляд випробувань дослідної конструкції БП-15-6 нерозрізних прогонових будов мостів з пустотних плит прогоном 15 м і консоллю 6,0 м (п. 30 в табл. 1)*



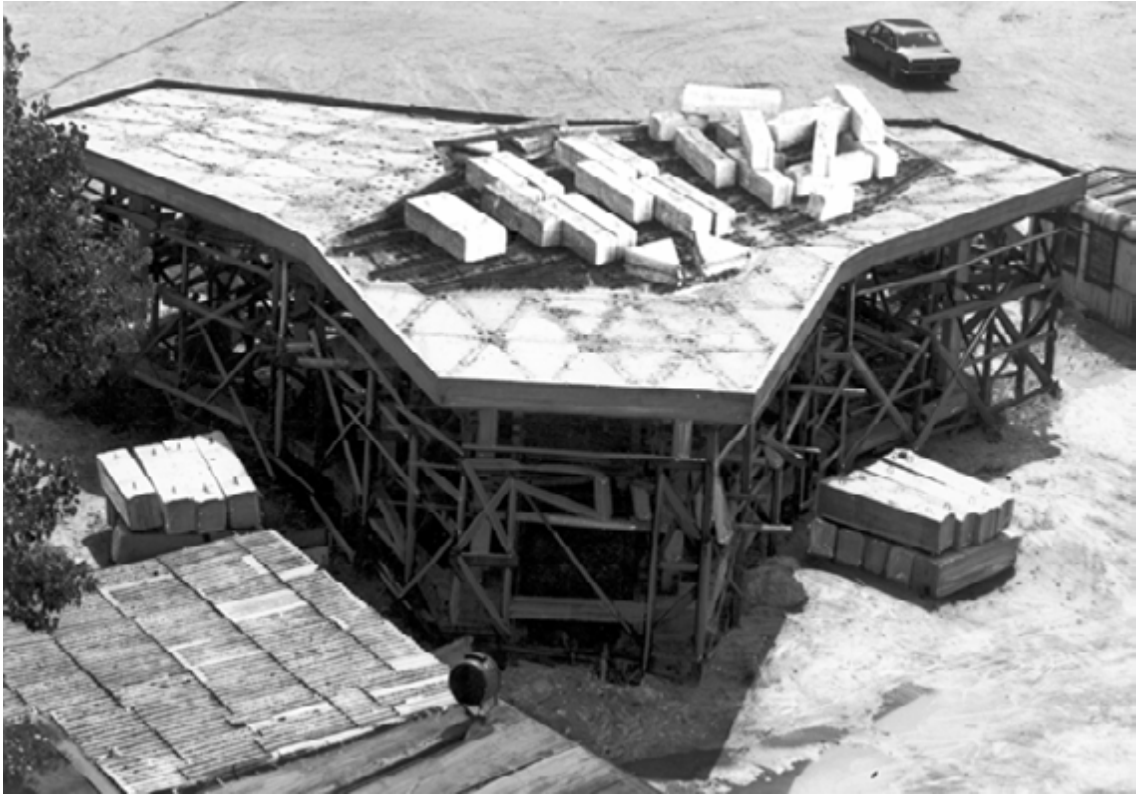
*Рис. 47. Загальний вигляд випробувань дослідної конструкції прогонової будови моста НМ-2х3-3 (п. 10 в табл. 1)*



*Рис. 48. Загальний вигляд довготривалих натурних випробувань збірно-монолітних конструкцій покриття з сіткою колон 18 × 12 м (п. 31 в табл. 1)*



*Рис. 49. Загальний вигляд випробувань збірно-монолітного кесонного перекриття актового залу (м. Львів, інститут “Містопроект”) (п. 34 в табл. 1)*



*Рис. 50. Загальний вигляд випробувань двоконсольного збірно-монолітного кесонного перекриття на будівництві автобусної станції № 2 у м. Львові (п. 36 в табл. 1)*



*Рис. 51. Балки прогоном 18,0 м для збірно-монолітних нерозрізних конструкцій плоских покриттів (п. 13 в табл. 1)*



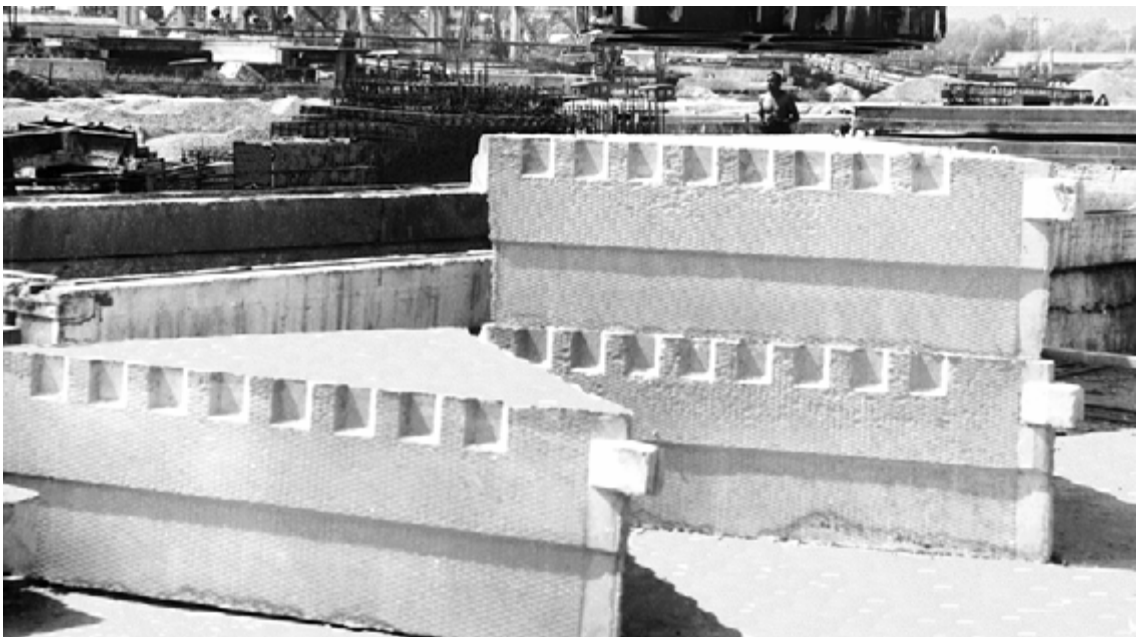
*Рис. 52. Монтаж ребристых плит НПП-12 розмірами 12 ´3 м збірно-монолітних нерозрізних конструкцій покриттів будинків з сіткою колон 18 ´12 м (п. 31 в табл. 1)*



*Рис. 53. Загальний вигляд дослідної конструкції каркаса багатопверхового будинку з сіткою колон 12 ´12 м у поздовжньому напрямі ригелів*



*Рис. 54. Збірні попередньо-напружені балки прогоном 18,0 м для збірно-монолітних кесонних перекриттів, виготовлених стендовим способом (м. Львів, завод ЗБК № 2)*



*Рис. 55. Трикутні ребристі плити розмірами 3 × 3 м для ЗМОП (завод ЗБК № 1 ВО "Львівзалізобетон")*

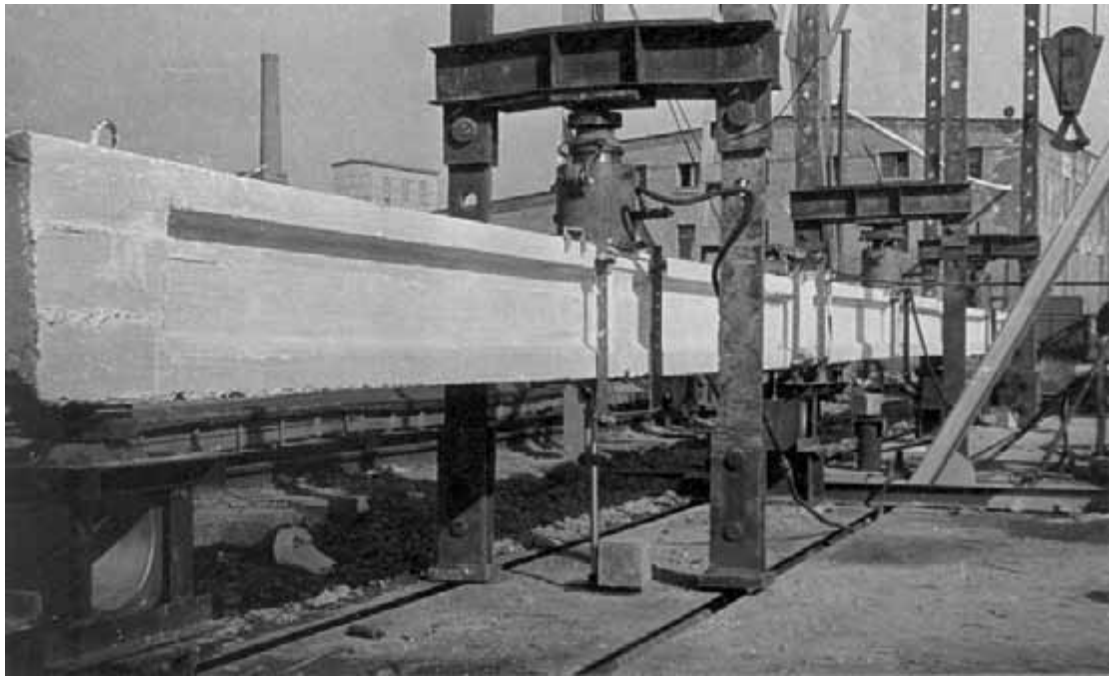


*Рис. 56. Монтаж ЗМКП з трикутними кесонами непрямокутної форми для великих навантажень  
(м. Львів, стилобат адміністративного будинку по вул. Стрийській)*

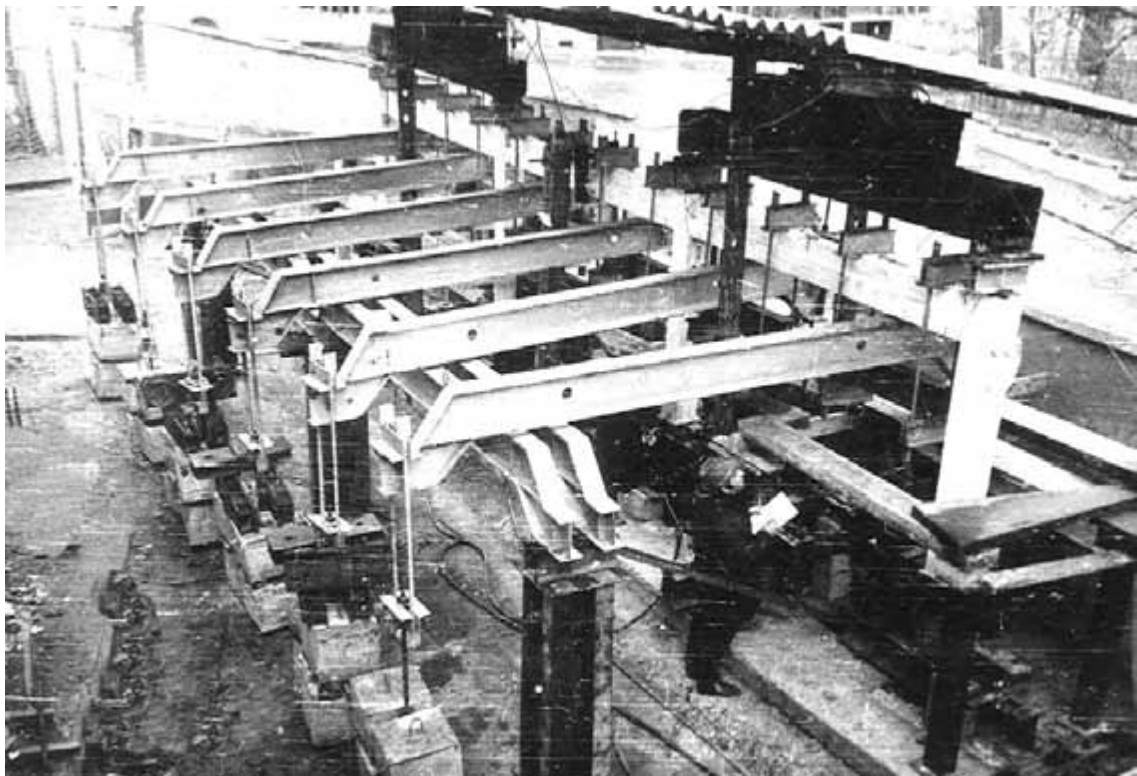


*Рис. 57. Загальний вигляд монтажу багатопрогонних нерозрізних балок покрить з напружуваними стилями  
(сітка колон 12×18 м)*





*Рис. 58. Випробування дослідних збірних нерозрізних балок серії V на стенді заводу ЗБК №1 тресту "Львівпромбуд" із заміром опорних реакцій кільцевими динамометрами на 100 т*



*Рис. 59. Випробування дослідних конструкцій трипрогонових залізобетонних рам з напружуваними стиками під час осідання опор на стенді лабораторії НДЛ-23*

Крім розглянутих вище збірних і збірно-монолітних залізобетонних конструкцій протягом останніх 40 років у Львівській політехніці проводили дослідження і розроблення багатьох інших нових залізобетонних конструкцій, зокрема просторових. Такі конструкції запропонував проф. А.С. Курило і доц. С.М. Шаповалов [30]. Їх виготовляють в розгорнутому стані у вигляді плити, розрізаної під час бетонування на зв'язані арматурою частини. Під час піднімання частини плити

повертаються і завдяки формі розрізів взаємний поворот цих частин можливий тільки на визначений кут, до того ж розрізи закриваються і на місці утворюються стики, здатні сприймати нормальні зусилля, і згинальний момент одного знака. Форма розрізів і положення гнучкої арматури в стиках після піднімання визначають форму просторової конструкції, утвореної з плоскої плити з розрізами, яка фіксується тяжами або зварюванням закладних деталей [26–29, 31]. З використанням цього способу виготовлення просторових конструкцій були розроблені, досліджені і впроваджені на багатьох будівельних об'єктах полігональні ребристі склепіння покрить одноповерхових будинків (рис. 60), призматичні залізобетонні складки прольотами 12 і 18 м для покрить і перекриттів (рис. 61), пірамідальні ребристі складки для круглих у плані перекриттів і куполів (рис. 62). Такі складчасті конструкції були застосовані на багатьох будівельних об'єктах у м. Калуші, м. Івано-Франківську для перекриттів вестибюлів 2-го навчального корпусу Національного університету “Львівська політехніка” та на будівництві критих ринків у м. Івано-Франківську (рис. 63) і в м. Хмельницькому\*.

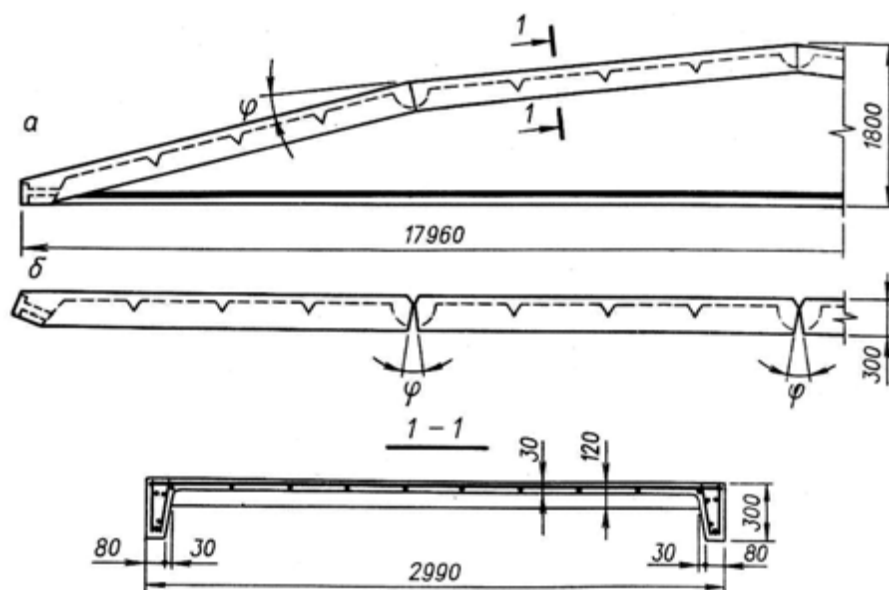


Рис. 60. Залізобетонні ребристі полігональні склепіння

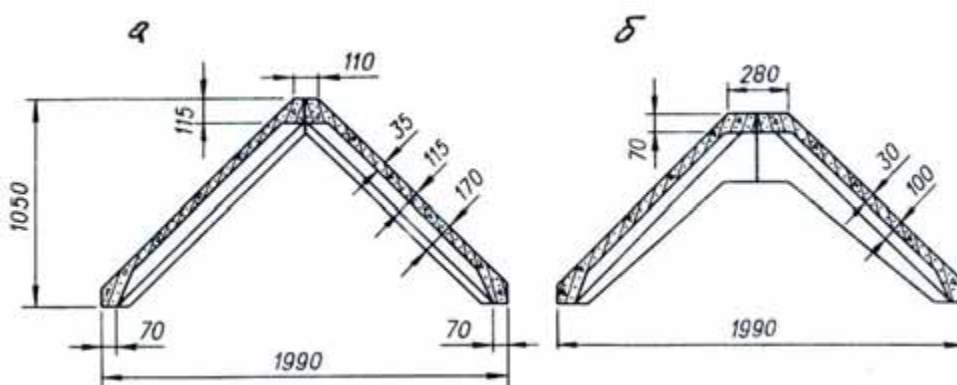


Рис. 61. Попередньо напружені залізобетонні призматичні складки прольотом 18 м:  
а – марки СПС-18-2; б – марки СПСм-18-2

\* Див. статтю в цьому Віснику С.М. Шаповалова, Я.А. Косоого, с. 175.

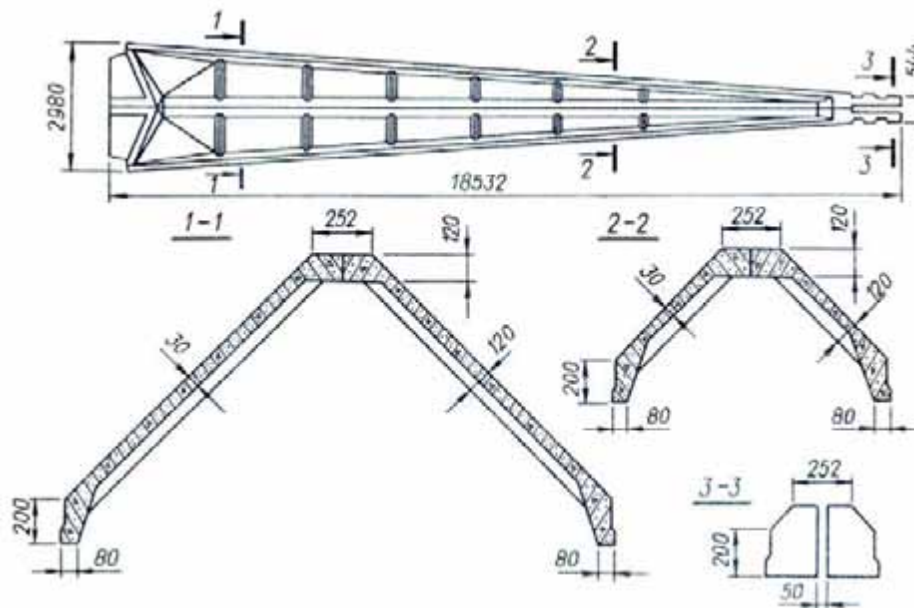


Рис. 62. Пірамідальні ребристі залізобетонні складки завдовжки 18,36 м купола  $d=42,4$  м

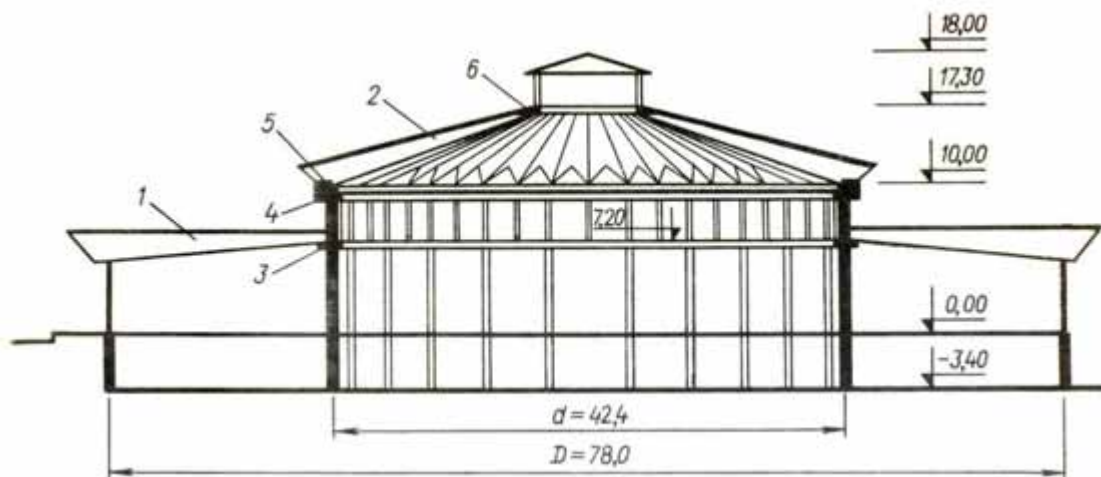


Рис. 63. Критий ринок у м. Івано-Франківську

Понад 40 років тому у Львівській політехніці професор Ф.Є. Клименко запропонував новий напрям у галузі залізобетонних конструкцій [31], який одержав авторську назву сталобетонних конструкцій з зовнішнім армуванням. У таких конструкціях у розтягнутій, а іноді і в стиснутій зонах поперечного перерізу застосовується зовнішня звичайна або високоміцна напружена стрічкова арматура, що розташовується на гранях без захисного шару. Концентроване розміщення стрічкової робочої арматури порівняно зі стержневим армуванням дає можливість зменшувати висоту перерізів або у разі однакової висоти одержувати економію сталі.

Значний внесок в дослідження, розроблення і впровадження сталобетонних конструкцій зробили багато учнів професора Ф.Є. Клименка, такі як: М.Л. Гайдаш, А.Я. Шеховцов, Вас. М. Барабаш, П.П. Крамарчук, А.І. Гавриляк, Р.В. Лісоцький, І.В. Мельник, О.В. Крочак, З.Я. Бліхарський, Б.Г. Демчина, І.І. Кархут, Р.І. Кінаш, Вол. М. Барабаш, І.М. Добрянський, А.В. Мазурак, Р.А. Шмиг та ін. Вони виконали експериментальні дослідження на міцність і деформативність сталобетонних конструкцій і розробили для впровадження:

- попередньо напружені ригелі перекриттів багатопверхових будинків з поодиноким і подвійним армуванням прольотом 12,0 м (рис. 64б, в);
- попередньо напружені підкранові балки прольотом 6,0 і 12,0 м (рис. 64с, д);

- попередньо напружені балки покриття прольотом 18,0 м (рис. 64е);
- сталобетонні плити перекриттів, армовані профільованими сталевими листами (рис. 64а).

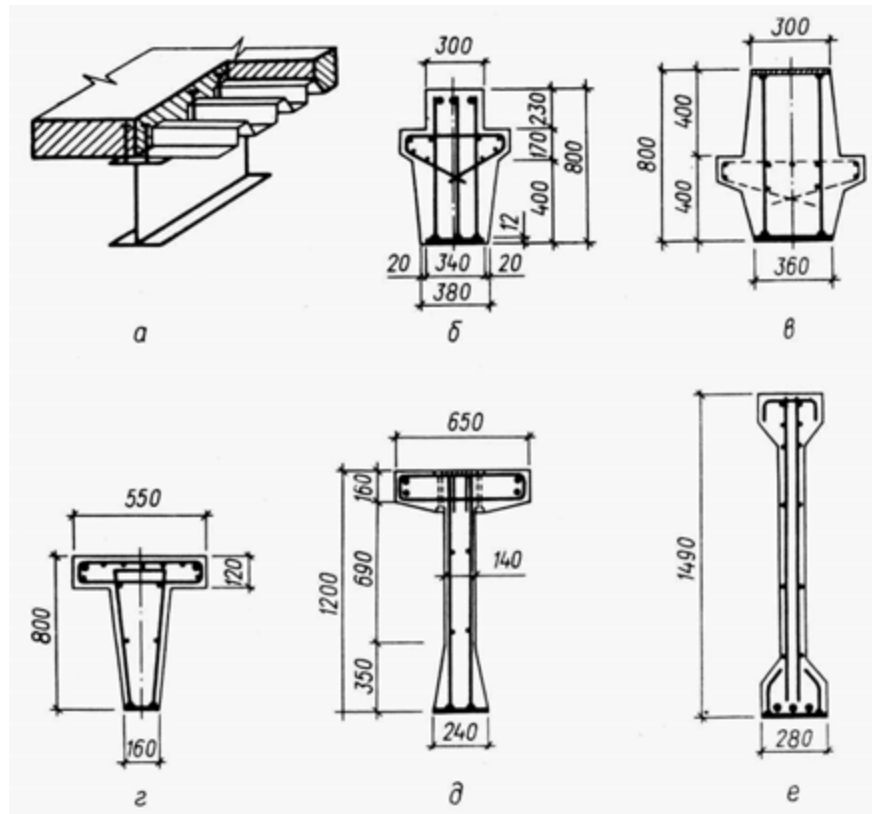


Рис. 64. Поперечні перерізи сталобетонних балок із зовнішнім армуванням:  
 а – сталобетонні плити, армовані профільованим сталевим листом; б, в – попередньо напружені ригелі з одним та подвійним стрічковим армуванням  $l=12,0$  м; г, д – попередньо напружені підкранові балки прольотом 6,0 і 12,0 м; е – попередньо напружена балка покриття прольотом 18,0 м

Для підвищення надійності спільної роботи металевих листів з бетоном і підвищення тріщиностійкості сталобетонних конструкцій була розроблена стрічкова арматура періодичного профілю [31].

З 1974 року на кафедрі будівельних конструкцій та мостів були розпочаті, а пізніше в Галузевій лабораторії ГНДЛ-88 і новоствореній в 2004 році кафедрі мостів і будівельної механіки під керівництвом професора В.Г. Кваші продовжуються науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи з проектування, експериментально-теоретичного обґрунтування та впровадження в будівництво ефективних систем реконструкції автодорожніх мостів з одночасним розширенням габариту проїжджої частини і тротуарів та підвищення їх вантажопідймальності з підсиленням за допомогою накладної залізобетонної плити [33, 34]\*.

Були проведені експериментальні дослідження просторової роботи прогонових будов з різними варіантами їх поширення традиційними способами за допомогою приєднання приставних балкових елементів і накладними залізобетонними плитами з консолями без поширення опор. У разі поширення на декілька метрів застосовують плоскі плити з невеликими консолями (рис. 65а), а при консолях 3,0-4,0 м – їх підсилюють поперечними ребрами (рис. 65б). Для збільшення висоти і несучої здатності головних балок можна застосовувати склепінчасті або ребристі плити, накладені на існуючу прогонову будову (рис. 65в, г).

Поширення прогонових будов з підсиленням можна виконувати також із заміною окремих балок або ділянок плит між балками (рис. 65д) і влаштуванням на їх місці монолітних суцільних або коробчастих елементів (рис. 65е). Крайні балки, які можуть бути непридатні для підсилення, доцільно замінити новими збірними або збірно-монолітними, об'єднаними з монолітною плитою для сумісної роботи (рис. 65є, ж).

\* Див. статтю в цьому Віснику В.Г. Кваші, с. 124.

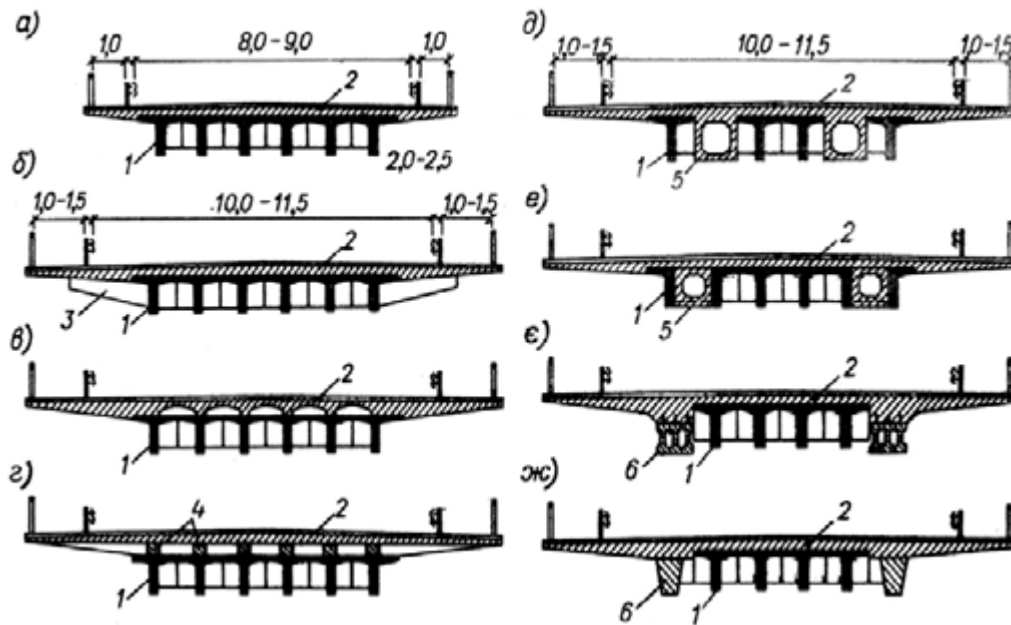


Рис. 65. Розширення прольотних будов монолітною залізобетонною накладною плитою: а – плоскою плитою; б – з підкріпленням консолей поперечними ребрами; в – склепінчастою плитою; г – плитою з поздовжніми ребрами; д, е – із заміною балок або ділянок плити між суміжними балками; є, ж – із заміною крайніх балок; 1 – балки існуючої прольотної будови; 2 – накладна плита; 3 – поперечні ребра; 4 – збірні призматичні балки; 5 – нові коробчаті елементи; 6 – нові збірні елементи

Також під керівництвом професора В.Г. Кваші проведені експериментальні дослідження згинаних залізобетонних моделей мостових балок, зміцнених наклеюванням композитів, які дали змогу виявити певні закономірності їх роботи за різних умов навантаження і виробити відповідні критерії щодо правил проектування підсилення. Подальші порівняльні випробування непідсилених і підсилених в такий спосіб натурних мостових балок підтвердили ефективність методу підсилення наклеюванням композитів, що дозволило запроєктувати і виконати підсилення першого в Україні моста з використанням композитних матеріалів [34]. Згідно з проведеними розрахунками на нормовані тимчасові навантаження А-11 і НК-80 крайні балки середнього прольоту розширеної прольотної будови зазначеного моста виявились перевантаженими до 30 %. Тому за проектом реконструкції, крім капітального ремонту, було передбачене їх підсилення шляхом наклеювання стрічок з вуглецевих композитів CFRP. Під час підготовки бетону в нижній частині балок до наклеювання стрічок з'ясувалось, що бетон має крихку структуру і незначну міцність, явно недостатню для виконання робіт з підсилення. Тому бетон у нижній частині крайніх балок був видалений, що дало змогу одночасно обстежити повністю оголену нижню робочу арматуру і замінити вставками на ділянках з втомними тріщинами.

Для підсилення використано три стрічки CFRP типу M1214 з поперечним перерізом 120×1,4 мм, приклеєні на нижню і бокові поверхні знизу відновленої частини ребра балки (рис. 66а, б, в) за допомогою двокомпонентного епоксидного клею SikaDur 30. Технологія наклеювання повністю відповідає нормованим вимогам фірми-виробника Sika і його проводили під керівництвом представника фірми. Наклеювали стрічки з підвісних риштувань. Цикл робіт з наклеювання однієї стрічки завдовжки майже 22 м становив 20-25 хв., а шість стрічок на дві балки з технологічними перервами наклеєні за 6 год.

Для надійного анкерування стрічок на приопорних ділянках використали додаткове підсилення, перевірене в експериментальних дослідженнях моделей балок і натурних взірців. Воно полягало у приклеюванні в зоні заанкерування стрічок двох шарів композитних полотен типу Wgrap з напрямком робочих волокон, перпендикулярним до напрямку стрічок (рис. 66а, в, г).

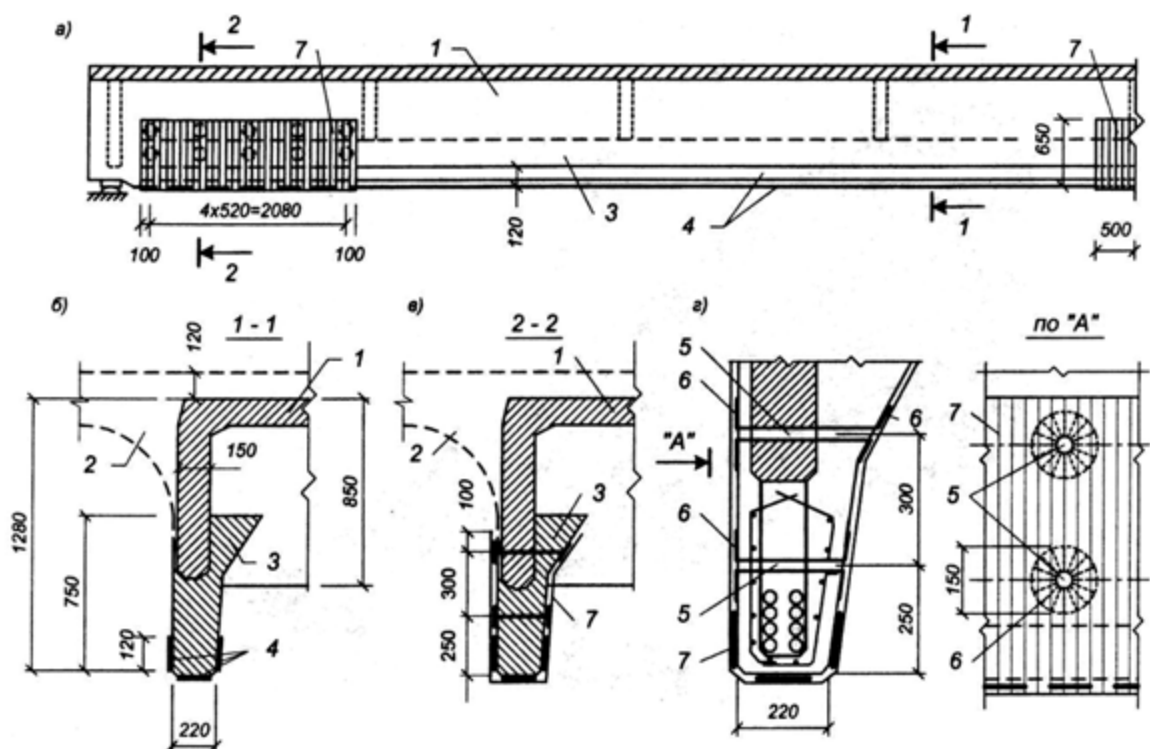


Рис. 66. Ремонт і підсилення крайніх балок прольотної будови середнього прольоту приклеюванням стрічок CFRP: а – елементи підсилення балки; б, в – поперечні перерізи відремонтованої і підсиленої балки;

г – деталь анкерування стрічок CFRP; 1 – крайня балка; 2 – монолітна залізобетонна накладна плита; 3 – відновлення видаленого бетону повторним бетонуванням; 4 – три стрічки CFRP типу M1214; 5 – анкерні стрижні; 6 – наклеєні на поверхню балок розетки з полотна Wrap; 7 – два шари полотна Wrap для анкерування стрічок

Випробування прольотної будови проводили тричі – до підсилення композитами, після підсилення до влаштування накладної плити, і після виконання всіх робіт з реконструкції. Їх метою було визначення ефекту підсилення балок і впливу накладної плити на роботу прольотної будови та зміни прогинів. Після підсилення у відремонтованій крайній балці під час випробувань прогини істотно зменшились. Тріщини не виявлені, що свідчить про вплив підсилення стрічками CFRP на збільшення тріщиностійкості балок.

1. Курилло А.С., Мамонтов Н.П. Руководство по проектированию и изготовлению железобетонных балок армированных предварительно напряженными прядями стальных канатов. – Львов, 1955.

2. Лозовой Ю.И., Комендат Г.Я. Электротермический метод натяжения стержневой арматуры в напряженно армированных железобетонных конструкциях // Научн. доклады Высшей школы. Строительство. – М., 1958. – №3.

3. Ратц Э.Г. Предварительно напряженные железобетонные конструкции со стержневой арматурой, напрягаемой электротермическим методом // Бетон и железобетон. – М., 1958. – №11.

4. Литвинов А.А., Косолапов С.Я., Лукиенко Е.Л. Электротермический способ натяжения высокопрочной проволочной арматуры (опыт предприятий Донбасса). БТИ НИИОМТП. – М.: Госстройиздат, 1961.

5. Гнидец Б.Г. Исследование работы предварительно напряженных неразрезных железобетонных балок // Тез. доп. XX наук.-техн. конф. – Львів. політехнічний інститут, 1962. – С. 166–167.

6. Погребной Л.Ф., Марковский И.М., Пархомовский А.С. Изготовление конструкций с высокопрочной арматурой, напрягаемой электротермическим методом. НТО Строительной индустрии: Тезисы совещания-семинара. – М., 1962.

7. Передериенко И.Д., Гнидец Б.Г. Экспериментальные исследования неразрезных предварительно напряженных перекрытий промышленных зданий из шестипустотных настилов // Докл. Львовск. политехн. ин-та. – Львов, 1962. том V, вып.1. – С. 79–83.
8. Курилло А.С., Гнидец Б.Г., Дорошкевич Л.А., Рокач В.С. Исследование железобетонных конструкций зданий с плоской кровлей // Промышленное строительство. №3, 1964. – С. 20–25.
9. Курилло А.С., Гнидец Б.Г. Сборные железобетонные конструкции производственных зданий с натяжением арматуры в монтажных стыках // Бетон и железобетон. №5. 1966.
10. Гнидец Б.Г. Новый способ напряженного армирования неразрезных предварительно напряженных железобетонных балок. Вторая научн.-техн. конф. – Тернополь, 1962. – С. 20–21.
11. Клименко Ф.Е., Гнидец Б.Г. Предварительно напряженные фермы из линейных элементов // Докл. Львовск. политехн. ин-та. Львов, 1963. Том V, вып. 2. – С. 125–130.
12. Гнидец Б.Г. Исследование работы предварительно напряженных неразрезных железобетонных балок при разных способах армирования // Докл. Львовск. политехн. ин-та. Строительство. Львов, 1963. Том V, вып. 2. – С. 95–106.
13. Гнидец Б.Г. Исследование работы сборно-монолитных предварительно напряженных неразрезных железобетонных балок. Материалы совещания. – Свердловск, 1963. – С. 74–82.
14. Гнідець Б.Г., Ониськів Б.М., Гурей К.М. Виготовлення і випробування попередньо напружених підкров'яних ферм // Тез. доп. XXI наук.-техн. конф. – Львів, 1964. – С. 377–380.
15. Гнидец Б.Г. Сборные предварительно напряженные неразрезные железобетонные мосты малых пролетов из типовых балок пролетных строений // Вест. Львовск. политехн. ин-та. Вопросы современного строительства. – №7. 1965. – С. 17–23.
16. Гнидец Б.Г., Пархомовский А.С., Марковский И.М. Исследование предварительно напряженных сборно-монолитных неразрезных железобетонных конструкций покрытий промышленных зданий с регулированием усилий // Вест. Львов. Политехн. ин-та. Вопросы современного строительства, №11, 1966. – С. 33–40.
17. Гнидец Б.Г., Гурей К.М. Конструкции многоэтажных промышленных зданий с предварительно напряженными замоноличенными стыками и регулированием усилий: Материалы семинара в НИИСК. – К., 1968. – С. 59–64.
18. Гнидец Б.Г. Изготовление и натурные испытания элементов неразрезных сборных железобетонных подкрановых балок пролетом 12,0 м // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Вопросы современного строительства, №29, 1967. – С. 43–49.
19. Гнидец Б.Г., Золотухин Б.С. Сборно-монолитные железобетонные преднапряженные кессонные перекрытия. Реферативная информация. Сер. VIII, выпуск 7. – М.: Госстрой СССР, 1976.
20. Гнидец Б.Г. Исследование конструкций многоэтажных промышленных зданий с предварительно-напряженными стыками и регулированием усилий // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Вопросы современного строительства. №47. 1970. – С. 22–28.
21. Гнидец Б.Г., Завадяк П.П., Рутковский З.М. и др. Предварительно напряженные сборно-монолитные кессонные перекрытия. Научно-технический информационный сборник. Вып. 1. – М., 1989. – С. 12–43.
22. Гнидец Б.Г., Завадяк П.П. Особенности работы и характер разрушения натуральных конструкций сборно-монолитных неразрезных покрытий промышленных зданий с предварительно напряженными стыками // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Вопросы современного строительства. №51. 1971. – С. 13–19.
23. Гнидец Б.Г., Сало В.Ю. Сборно-монолитные неразрезные железобетонные мосты с предварительно напряженными стыками в двух направлениях // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве, №145, 1980. – С. 17–19.
24. Гнідець Б.Г., Щеглюк М.Р., Кавацюк І.Д. Електротермічне попереднє напруження будівельних конструкцій в умовах будівництва: Монографія. – Львів: Сполум, 2004. – 108 с.
25. Гнідець Б.Г. Залізобетонні конструкції з напружуваними стиками і регулюванням зусиль. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2008. – 548 с.

26. Шаповалов С.М., Храмцов В.П., Горский Л.Ф. Железобетонные ребристые своды для покрытий промышленных зданий // Строительная индустрия. ЦБНТИ, вып.2. – М., 1974. – С. 14–16.
27. Шаповалов С.М., Храмцов В.П., Цапов В.М. Экспериментальные исследования железобетонных призматических складок размерами 12×3×0,9 м // Вестн. Львов. политехн. ин-та, №155. – Львів, 1981. – С. 75–79.
28. Клименко Ф.Е., Храмцов В.П., Лисоцкий Р.В. Складчатые сборно-монолитные железобетонные купола // Бетон и железобетон, №6. – М., 1991. – С. 2–4.
29. Храмцов В.П., Царинник О.Ю. Визначення положення розрахункового перерізу залізобетонної пірамідальної складки купола // Вісник Держ. ун-ту “Львівська політехніка”, №287. – Львів, 1995. – С. 126–130.
30. Храмцов В.П., Лисоцький Р.В. Збірні залізобетонні просторові конструкції, що бетонуються в розгорнутому стані // Збірн. матер. конф. “Проблеми теорії і практики будівництва”, т. 1. – Львів, 1994. – С. 271–280.
31. Шаповалов С.М., Косый Я.А. Покрытие с большепролетными пустотными складчатыми настилами // Промышленное строительство и инженерные сооружения, вып. 3. – М., 1984. – С.28.
32. Клименко Ф.Е. Сталебетонні конструкції з зовнішнім полосовим армуванням // Збірн. матер. конф. “Проблеми теорії і практики будівництва”, т. 1. – Львів, 1994. – С. 148–172.
33. Кваша В.Г., Коваль П.М., Собко Ю.М. Ефективні конструктивно-технологічні вирішення поширення і підсилення автодорожніх мостів залізобетонною накладною плитою // Збірн. матер. конф. “Проблеми теорії і практики будівництва”, т. 1. – Львів, 1994. – С. 119–130.
34. Кваша В.Г., Мельник І.В., Климпуш М.Д. Зміцнення залізобетонних мостових балок композитними матеріалами // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2006. – № 562.