

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА

І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

МАКАРЕНКО Станіслав Костянтинович

УДК 624.012.46:691.328.2

РОБОТА ЗБІРНИХ ЗАЛІЗБЕТОНИХ ДИСКІВ ПЕРЕКРИТТЯ

ІЗ ПЛИТ ТИПУ 2Т

Спеціальність - 05.23.01 - Будівельні конструкції,
будівлі та споруди

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1994

АВ 29.338

Дисертація є рукописом.

Робота виконана у відділі випробувань і атестації
будівельних-конструкцій КиївВНДІЕП

Науковий керівник - доктор технічних наук,
с.н.с. О.С.Семченков

Офіційні опоненти : - доктор технічних наук,
с.н.с. Ю.А.Климов

кандидат технічних наук,
с.н.с. С.Я.Мазур

Провідна організація УкрНДІПцивільсьлібуд

Захист відбудеться " 18 " Березня 1994 року о 13 год.

на засіданні спеціалізованої Ради К 068.05.04 при Київському
державному технічному університеті будівництва і архітектури
за адресою : 252037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці
університету.

Автореферат розіслано " 18 " Лютого 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради,
кандидат технічних наук

Ю.Л.Дінкевич

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00756533 (Т)

AB-29.538

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність роботи.

В сучасному будівництві індустріальних багатопверхових будівель все більшого поширення набуває каркасно-панельна конструктивна система, яка відзначається вільним плануванням приміщень, що особливо важливо для багатьох типів громадських і промислових споруд.

Якщо в 1980 році будувалося 32% громадських будівель із застосуванням каркасно-панельних конструкцій, то в 1985 році застосування конструкцій з "єдиного каркасу" досягло 45%, а в 1990 році - більше 50%.

Найважливішим елементом несучої системи каркасних будівель є збірний залізобетонний диск перекриття, що складається з плит, укладених на полиці ригелів, на які при великих проміжках плит припадає до 50% об'єму всього залізобетону конструкції будівлі.

В наш час у практиці вітчизняного і зарубіжного будівництва широко використовуються збірні великомірні плити перекриття типу ЗТ, які мають добрі техніко-економічні показники і технологічні у виготовленні.

Завдяки побудові трьох типів сполучень - між плитами (I-II), між плитами і ригелями (2-III), між ригелями і колонами (3-IV) - диск перекриття перетворюється в єдину просторову систему, всі елементи якої деформуються спільно при будь-яких впливах. При цьому ефективність спільної роботи в значній мірі залежить від поєднання горизонтального і вертикального навантажень. В сучасних розрахунках диск перекриття в своїй площині розглядається спрощено, як абсолютно жорстка балка-стінка або ферма із списнутими роз'ємами, при цьому вплив вертикального навантаження не враховується. Такий підхід до розрахунку не дає можливості визначити реальний напружено-деформований стан збірних дисків і врахувати наявні в багатьох випадках резерви, а також не враховує додаткові зусилля, що виникають при податливих міжплитних з'єднаннях, що може привести до завищення міцності і жорсткості диска.

Мета роботи: дослідити дійсний характер роботи збірних дисків перекриття із плит ЗТ при різній монтажній готовності на спільну дію горизонтальних і вертикальних навантажень, розробити практичні методи їх розрахунку, принципи конструювання і впрова-

дити в масовое будівництво.

Автор захищає: результати комплексних експериментальних досліджень з'єднань і модифікацій збірних дисків на різному ступені монтажної готовності при спільній дії горизонтальних і вертикальних навантажень;

спрощені просторові розрахункові схеми для визначення міцності і прогинів збірних дисків із плит ЗТ у своїй площині при дії горизонтальних навантажень і несприятливого вертикального надлишкового навантаження;

практичні методи розрахунку на зсув стикових з'єднань; конструкцію дисків перекриття із тонкостінних великомірних плит ЗТ із зменшеною кількістю з'єднань.

Наукова новизна:

експериментальні дані про вплив послідовного вводу конструктивних зв'язків стикових з'єднань (зварених закладних деталей, шпонки та замонолічування швів з'єднань), монолітної стяжки і повторного горизонтального і вертикального навантаження на напружено-деформований стан диска;

експериментальні діаграми деформування при зсуві стикових з'єднань полиць плит ЗТ в вертикальній і горизонтальній площинах і межі між шпонками з'єдну і зм'яття;

врахування сил тертя діагональних розпорів плит при перевірці міцності збірних дисків перекриття у своїй площині;

принципи конструювання стикових з'єднань і збірних дисків перекриття із плит ЗТ.

Практичне значення роботи.

Розроблені практичні методи розрахунку і принципи конструювання дозволяють більш економічно і надійно проєктувати збірні диски перекриття з нових прогресивних плит ЗТ з врахуванням спільної роботи елементів і поєднаності стикових з'єднань.

Апробація роботи.

Основні результати досліджень повідомлені і піддали сквалення XIII науково-виробничою нарадою-семинаром "Нові конструктивні форми несучих залізобетонних систем багатоповерхових будівель", що відбувся в жовтні 1967 р. (м.Мінськ), а також опубліковані

в семи статтях.

Впровадження результатів здійснено:

1. При розробці і удосконаленні плит ЗТ типової серії І.042. І-2, легких плит ЗТ шириною 1,5 м при будівництві ЄЖК в м.Горькому, плит ЗТ з проміжком 6,9 і 12 м, універсального регіонального каркаса під навантаження до 3 тс/м² для будівництва ЄЖК в м.Горькому і для Головолюбівпромбуду.

2. При розробці "Рекомендацій для перевірки міцності збірних дисків перекриття із застосуванням багатопустотних плит з неперевеними шпонками на бічних гранях на дію вітрових навантажень".-М.: ЦНДІП РГ, 1990.

Об'єм роботи.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, літератури, додатку.

Загальний об'єм роботи 192 сторінок, в тому числі: 96 ст. машинописного тексту, малюнків 66 ст., таблиць 14 ст., список використаної літератури 16 ст. додаток 1 ст.

Дисертація виконана в КиївЗНДІПІ, у відділку випробувань і атестації будівельних конструкцій, в 1993 р.

СТАН ПИТАННЯ.

Сучасне будівництво багатоповерхових індустріальних будівель проводиться із застосуванням типових міжквдрових з'єднуючих каркасів серій ИИ-04, КМС-101, І.020-І/83, які забезпечують більш вільне планування, порівнюючи з панельною конструктивною системою. У складі будівлі диски перекриття з'єднуючих каркасів несуть вертикальні навантаження і беруть участь у забезпеченні просторової жорсткості будівлі, перерозподіляючи горизонтальне навантаження між вертикальними діафрагмами, при цьому вплив колон із-за їх малої жорсткості не враховується.

Розробкою і удосконаленням конструкцій збірних перекриттів будівель займалися ведучі науково-дослідні і проєктні інститути.

В громадських будівлях із з'єднуючого каркаса серії І.020-І/83 із збільшеними сітками колон використовують плити ЗТ проміжком 9 і 12 м, шириною 3 і 1,5 м, висотою 60 см по серії І.042.І-2. Для зниження кількості типорозмірів вигелів плити опираються в підрізуку на кінцеві діафрагми висотою 30 см. Були роз-

роблені легкі 12-ти метрові плити 4Т висотою 45 см, шириною 1,5 м і вагою 5т (рис.1) , які можна монтувати дуже поширеними баштовими кранами.

В з'єднуєчому каркасі стик ригеля з колоною (спряження 3-го типу) є закритим, зварювання закладних деталей підрізки ригеля і консолі колони здійснюється фланговими швами.

Для створення диска перекриття із плит 2Т в спряженнях 1-го і 2-го типу передбачені зварені закладні деталі і шпонки. Такі стики після їх омонолічення поряд зі стискуєчими напруженнями можуть сприймати розтягуючі і зсуваючі зусилля в горизонтальній і вертикальній площинах.

За рубежем для створення диска із збірних плит 2Т на будівництві вкладається армована монолітна стяжка, відмова від якої викликала у наших проєктувальників побоювання в зв'язку з малюю товщиною полиць в спряженнях 1-го типу при використанні в промислових будівлях. В той же час у вказаних типових серіях у своїй площині диски при розрахунку вважали абсолютно жорсткими, а в вертикальній площині податливістю міжплитних з'єднань нехтували.

Просторова робота несучого диска перекриття в будівлі у загальному випадку по класифікації, запропонованій О.С.Семченковим, включає сумісну роботу плит і плит з ригелями при згині у вертикальній площині, роботу диска у горизонтальній площині, взаємодію диска з вертикальними конструкціями і, в значній мірі, залежить від податливості з'єднань всіх трьох типів і жорсткості елементів.

Просторова робота збірного перекриття в вертикальній площині досліджувалась: Р.А.Айвазовим, В.Н.Байковим, О.Б.Полишевим, Б.Г.Гнидцем, В.Н.Горновим, Є.І.Десятником, С.О.Дмитрієвим, В.О.Клевцовим, О.С.Калманком, В.Г.Крамарем, Ю.В.Красношочковим, В.Л.Кунем, О.Ф.Кутовим, П.І.Кривошеєвим, Є.Є.Левиним, А.Д.Либєрманом, В.І.Лішаком, С.Я.Мазуром, В.С.Мартимяновим, Ю.І.Орловським, В.А.Селівановим, О.С.Семченковим, Н.Н.Складневим, Б.Є.Улицьким, О.К.Фроловим, О.К.Хавкиним, Є.В.Шиловим і ін.

Досліджень напружено-деформованого стану збірних дисків у своїй площині значно менше. Випробували в основному диски із пустотних або ребристих П-подібних плит (праці Я.М.Айзенберга, В.І.Буданова, М.І.Доцнова, П.Ф.Дроздова, С.М.Крилова, В.Кожистека, А.О.Михайлова, О.С.Семченкова, С.Б.Сминова, Твелмейєра та ін.)

Л.Л.Паньшин, О.С.Семченков, Ю.М.Стругацький, В.Б.Сно, В.В. Ханжи для розрахунку диска використовували фірменні моделі, П.Ф.Дроздов, - теорію складених стержнів, Я.М.Айзенберг і А.О.Михайлов - теорію балки-стінки, М.І.Допонов, Е.М.Копиш, О.М.Проценко, С.Н.Пак - метод кінцевих елементів. Для розрахунку міцності збірних дисків більш простими можуть бути методи граничних станів (праці В.О.Клевцова, С.Б.Смирнова, О.С.Семченкова, Ю.М.Стругацького).

З'єднання дисків перекриття досліджували Н.І.Володін, Б.Г. Гнідець, О.Б.Голишев, С.В.Журавльова, Г.В.Кашев, В.О.Клевцов, О.Б.Кузмичов, В.Л.Кунь, І.М.Івасяк, С.Б.Смирнов, О.С.Семченков, Я.Г.Сунгагуллин, С.В.Шілов, С.І.Штильман та ін.

Роботу вічка перекриття каркаса на крутіття при нерівномірних осадках колон вивчали П.Ф.Дроздов, А.Н.Малинін, С.С.Маніскевич, Ю.В.Заварзін. Додаткові зусилля на перекриття від погіршності монтажу колон розглядали В.Б.Сно, Ю.В.Стругацький, В.В.Ханжи.

На основі огляду робіт можна зробити такі висновки:

1. Експериментальних досліджень роботи збірних дисків з з'єднаних каркасів в горизонтальній площині недостатньо і виконувались вони із застосуванням круглопустотних плит. Вплив багатьох факторів - таких як вертикальне навантаження, повторні горизонтальні і вертикальні навантаження, конструкція з'єднань елементів диска та ін. - мало вивчені. Диск з плит 2Т і їх з'єднання мають значні конструктивні відмінності і практично не досліджувались.

2. Точний деформаційний розрахунок з своїй площині збірного диска перекриття із плит 2Т, що є складною системою з комбінованими попатливими з'єднаннями двох типів, зараз неможливий. Тому розраховувати прогін диска зручно як в балці-стінці, для чого необхідно експериментально визначити значення її умовних жорсткостей при згинанні і зсуві. Практичний розрахунок міцності збірного диска слід виконувати методом граничних станів, для розробки якого треба вивчити характер деформування збірного диска і знайти можливі схеми руйнування.

ЗМІСТ РОБОТИ.

Вирішення цих питань вимагає проведення великого об'єму випробувань натурних фрагментів дисків і стикових з'єднань для знаходження основних факторів, що впливають на ефективність проєкторної роботи диска із плит 2Т в своїй площині на різних рівнях монтажної готовності.

Експериментальний фрагмент диска мав розмір в плані 6х16,5м, складався з двох частин - 6х12 м і 6х4,5 м і збирався із вкорочених колон перерізом 40х40 см, двох однополичних і двополичного ригелів проміжком 6 м по серії I.020.I/83, легких пристінних з'єднуючих плит Т шириною 0,75 м і рядових плит 2Т шириною 1,5м (рис.2).

Довжина звороченого вічка визначалась розмісами силового поля. Довгі плити були розраховані на уніфіковане навантаження 12,5 кПа, а вкорочені - на 43 кПа. Останні мали опірні діафрагми тільки з одного торця. У торцевих фрагментах плит і на полицях і ребрах ригелів були зроблені витягнуті шпонки глибиною 15 і висотою 200 мм для покращання спільної роботи ригеля з настилом. Вздовж консолей полиць плит встановлювали по 7 закладних петлей, що об'єднувались за допомогою зварювання пластин-накладок.

Фрагмент випробовувався на дію горизонтального навантаження для трьох значень вертикального надлишкового навантаження на плитах - I,44; 5,80 і 11,28 кПа без врахування власної ваги конструкції і на різних рівнях монтажної готовності в шести модифікаціях, що створювались послідовним введенням нових з'єднань між елементами.

Модифікація М-1 - установка панелей перекриття на полиці ригеля по шару підстиляючого розчину і зварювання арматурних з'єднань в пристінних плитах.

Модифікація М-2 - зварювання металічних накладок в міжплитних швах з закладними деталями консолей полук.

Модифікація М-3 - замонолічування горизонтальних міжплитних швів.

Модифікація М-4 - замонолічування вертикальних швів між торцевими поверхнями настилу і стінками ригелів і колон.

Модифікація М-5 - зварювання арматурних з'єднань по закладних петлях ригелів і плит 2Т.

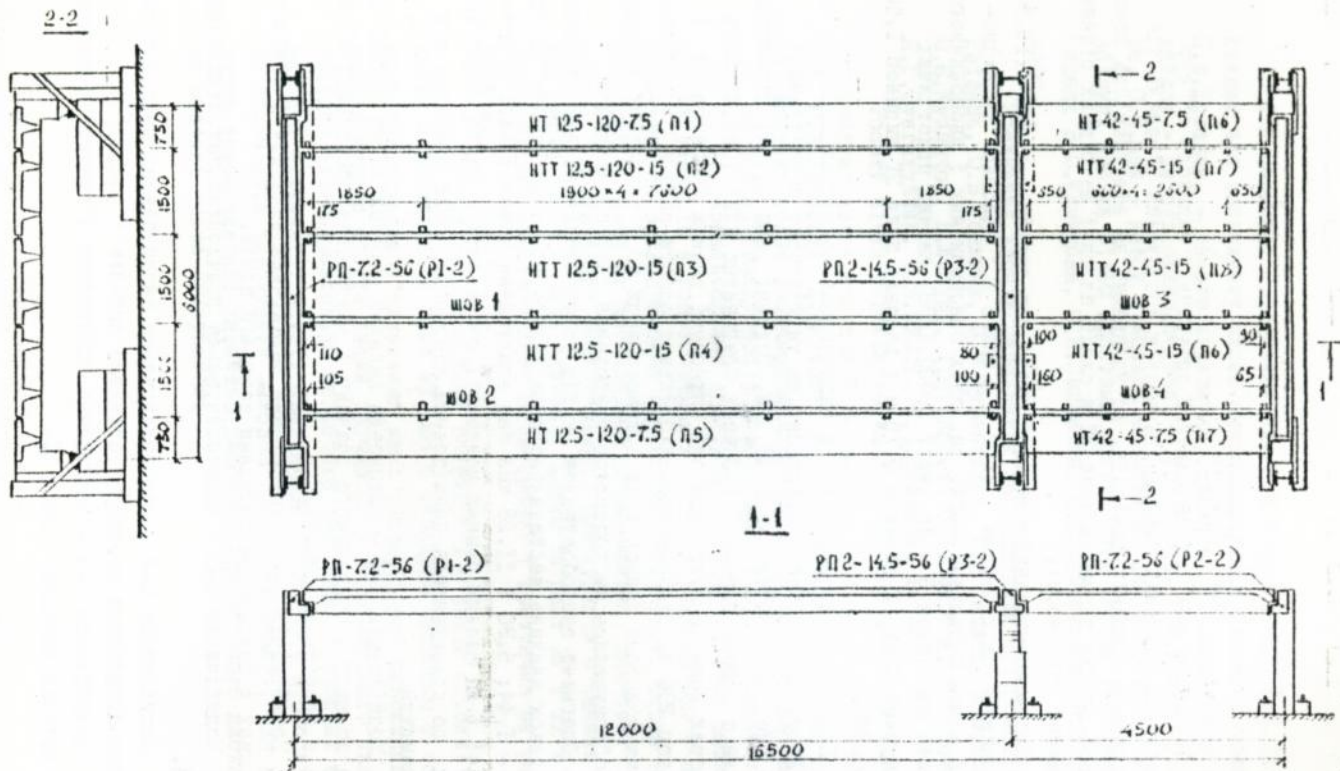


Рис. 2. Схема монтажных элементов фрагмента перекрытия 16.5 x 6 м.

Модифікація М-6 - з'єднання арматурних з'єднань модифікації М-5 з послідувочою укладкою бетонної підготовки по всій площі плит.

Горизонтальні зусилля прямої і зворотньої дії прикладались на рівні диска перекриття до колон середньої рами, яка пропускала вільні переміщення впоперек диска, а крайні рами були жорсткими опорами.

Проміжні модифікації фрагментів випробовувались так, щоб виключити передчасне незворотне розхилювання узлів і з'єднань диска. Для цього переміщення в площині диска обмежували 5 мм, а розкриття швів - 0,4 мм.

Один цикл навантаження фрагментів здійснювали так: поступово давали вертикальне навантаження до заданого рівня, потім поступово додавали горизонтальне навантаження в прямому напрямку і скидали до нуля; потім поступово приклали горизонтальне навантаження зворотного напрямку, скидали до нуля і тільки після цього знімали вертикальне навантаження, а фрагмент горизонтальними помкратами привозили в попереднє положення. Основними порівняльними критеріями були: прогини фрагментів і деформації діагоналей вічка, переміщення торців плит вздовж полиць ригелів, поперечні і зсувні деформації міжплитних з'єднань, деформації арматурних з'єднань і накладок.

Під дією горизонтального навантаження модифікації фрагментів деформувались як при поперечному згинанні. Причому, кути вічок ставали непрямыми, що вказує на наявність значних деформацій зсуву, частка яких в загальних переміщеннях диска знижувалась по мірі накладки зв'язків у з'єднаннях. Це пояснюється тим, що при неготових і погаливих міжплитних з'єднаннях деформування вічок супроводжувалось поворотом плит на полицях ригелів, появою діагональних розпорок в широких плитах і вигинанням крайніх ригелів. Такий зсувний характер деформування вічка збірної балки-стінки під дією поперечної сили запропоновано називати перекосом.

В М-2 в результаті зварювання накладок між плитами і великого вертикального навантаження взаємний зсув плит став незначним, плити працювали разом як єдина пластина, а перебіг між настилом і середнім ригелем став майже плоским, як при згині цілої балки. По мірі накладання з'єднань в обох фрагментах перебіжки вздовж ригеля зробились близькими до лінійних. При цьому жорсткість М-4, в порівнянні з М-1, збільшилась у 5,5 разів (рис.3), причому, в

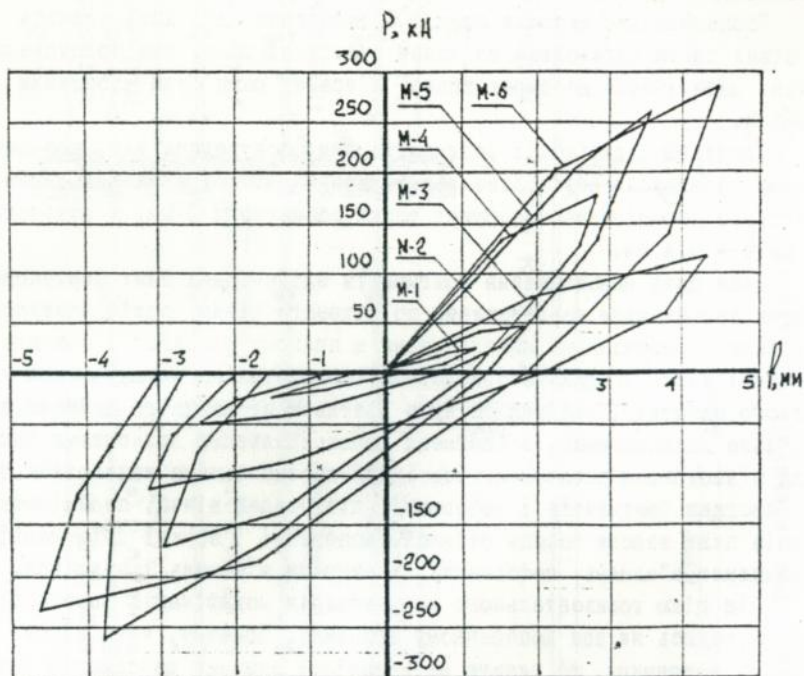


Рис. 3. Діаграма прогинів модифікації
диска перекриття.

Омонолічування шпонок і швів позначалось на міцності та жорсткості з'єднань значно більше, ніж збільшення ширини швів. Міцність і жорсткість при зсуві з'єднань в площині диска приблизно в 6 разів більша, ніж поза площиною. Оскільки в типових плитах закладні деталі встановлено через 1,5 м, міцність з'єднань у площині завжди забезпечена з великим запасом. Тому збільшення відстані між деталями визначається їх роботою у вертикальній площині і можливе тільки в плитах під вертикальні уніфіковані навантаження не більше 8 кПа.

Враховуючи велику кількість і вагу деталей із пластин і анкерів з вивадженими голівками були розроблені деталі на 40% легші, але однакової міцності з типовими.

З метою дослідження роботи на зсув шпонок з'єднань, можливості використання розрахункових формул і уточнення між шпонками зрізу і зім'яття проведені іспити складових зразків із трьох призм товщиною 100 мм. Були виготовлені два види зразків - з висотою шпонок 140 і 220 мм, глибиною 20 мм по три серії кожного виду, що відрізнялися товщиною швів. Для 1-го виду товщина була 0, 20 и 40 мм, для 2-го - 0, 10 і 20 мм. В серії було по чотири зразки які відрізнялись величиною бокового стиснення: 0, 10, 50 і 100 кН.

Руйнування з'єднань носило пластинний характер і починалося при деформаціях близьких до 0,5 мм у стиснутих зразках і більше 1 мм в слабо стиснутих і нестиснутих. Міцність і жорсткість з'єднань в значній мірі залежали від величини стиснення. Вплив ширини швів більший при слабкому стисненні і меншій висоті шпонок.

Розрахунок шпоночних з'єднань при зминанні можна виконати за двоцленною формулою

$$\hat{S}_{см} = n \gamma_{см} R_s A_{см} + f N \quad (1)$$

де $A_{см}$ - площа зминання шпонки; $\gamma_{см}$ - коефіцієнт міцності бетону при зминанні; f - коефіцієнт тертя бетону по бетону, n - кількість шпонок; при $\gamma_{см} = 1 \dots 2$, причому, менше значення відноситься до шпонок з меншою висотою і більшою шириною шва.

На основі результатів досліджень для виключення крохкого руйнування шпонок від зрізу відношення висоти шпонок до глибини має бути більше 7.

При розгляді роботи диска в своїй площині на основі результатів досліджень видно, що найбільш непринятною є розрахункова схема диска при мінімальному вертикальному навантаженні, що дорівнює

власній вазі плит і підлоги. Ця схема може бути вицільена в самостійну схему при врахуванні податкових місцевих розтягуючих зусиль в ригелях і з'єднаних плитах в результаті похибки монтажу колон і конструктивних особливостей диска біля вузьких вертикальних діафрагм.

Точний деформаційний розрахунок таких складних систем на сьогодні відсутній. Виконаний розрахунок на ЕОМ методом кінцевих елементів по програмі "PARSEK" у пружній постановці з використанням експериментальних значень жорсткостей опрацьовує час якійсно заповільну схему деформування модифікацій диска, проте, вимагає дуже багато трудовитрат і машинного часу. Тому запропоновано прогини в півку визначати як в балці-стілці з фіктивними модулями при згині $E\phi$ і зсуві $G\phi$, які знайдені на основі аналізу результатів випробувань модифікацій фрагментів двома способами – по викривленню кутів диска і зміні довжини діагоналей. Розходження значень модулів, одержаних обома способами, відрізняється менше, ніж на 15%.

В табл.2 приведені середні значення жорсткостей.

Таблиця 2

Фіктивні жорсткості модифікацій диска

Модифікації	Навантаження		Модулі пружності		Відношення модулів		
	вертикальне $Q, \text{кПа}$	горизонтальне $P, \text{кН}$	$G\phi, \text{МПа}$	$E\phi, \text{МПа}$	$\frac{G\phi}{E\phi}$	$\frac{E\phi}{E}$	$\frac{G\phi}{G}$
1	2	3	4	5	6	7	8
М-1		22,8	219	1035	0,212	0,0314	0,0415
М-2		50,0	349	1168	0,299	0,0354	0,0661
М-3	I, 44	120,0	478	1240	0,385	0,0376	0,0905
М-4		130,0	963	3040	0,317	0,0921	0,1824
М-5		260,0	1121	3535	0,317	0,1071	0,2123
М-6		290,0	911	2995	0,304	0,0908	0,1725

При більш високих вертикальних навантаженнях відношення

$G\phi/E\phi$ в усіх модифікаціях досягає 0,4, а в М-6 при $Q=11,28 \text{ кПа}$ - 0,49. При навантаженні 5,3 кПа модулі пружності зросли в середньо-

овних полях за рахунок спляжень I-го і 2-го типів. Зважування арматурних з'єднань між рядовими плитами в М-5 і влаштування набетони в М-6 практично не вплинули на жорсткість диска, що вказує на можливість відмови від них. Отже, збірний диск із плит 2Т і Т з повністю виконаними з'єднаннями при дії навантаження з вітряного боку працює як складова балка-стінка, в якій відсутні взаємні зсуви плит. Для зменшення перекосу при навантаженні з підвітряного боку з міжплитних з'єднань поряд з металічними стиками слід робити бетонні переривчасті шпонки.

Повторні навантаження, особливо великі, що викликають тріщини і зминають з'єднання, суттєво збільшують зсуви в швах і знижують в цілому жорсткість диска. Однак, їхній вплив на міцність диска незначний.

Збільшення вертикального довантаження, як і омонолічування з'єднань, знижує зсувну (перекісну) частину деформацій контура. Це пояснюється ростом сил тертя як у опраження вічка 2-го типу по контакту опірних діафрагм і полиць ригеля, так і в опраженні I-го типу в результаті їх стиснення при згинанні ригелів у вертикальній площині. При цьому стискуючі напруги в міжплитних швах поширюються на довжину 3 м від ригеля і багаторазово перевищують напругу стиснення від горизонтального вітряного навантаження.

Текучість розтягнутого арматурного з'єднання крайньої плити у середній рамі починалась при горизонтальному навантаженні 230 кН в фрагменті М-4. Однак, це не призвело до руйнування диска, тому що із-за зниження згинальної жорсткості стиків з'єднуючих плит з ригелями в вертикальній площині відбувався перерозподіл зусиль. В результаті цього напруження в арматурному з'єднанні від моменту, що викликає вертикальне навантаження, знижувались, а від горизонтального - зростали. Завдяки позитивному впливу довантаження в послідовних модифікаціях диск витримав значно більші горизонтальні навантаження.

В модифікації М-6 перед руйнуванням останнє розкриття з'єднань вздовж середнього ригеля досягло 2 мм, тому жорсткість диска значно зменшилась. Руйнування відбулося при зусиллі 300 кН і мінімальному надлишковому навантаженні в результаті зсуву малого вічка горців плит без опірних діафрагм вздовж полиці крайнього ригеля і супроводжувалось переборюванням сил тертя, руйнуванням поверхневого шару бетону полиць ригеля біля ребер плит і зім'яттям роз-

чинних швів між ребром крайньої плити і колоною.

Після цього вертикальним смуговим навантаженням були по черзі зруйновані у складі фрагменту одна крайня і середня дванадцятиметрові плити. При цьому було досягнуто навантаження в 1,5 раз більше, ніж при випробуванні окремої плити-облізняти, а руйнуванню плити передавало руйнування міжплитних з'єднань. Останнє внаслідок на необхідність дослідження роботи з'єднань I-го типу і в вертикальній площині, щоб уникнути їхнього передчасного руйнування.

Дослідження комплексних зв'язків I-го типу на зсув в горизонтальній і вертикальній площинах виконували на складених зразках із трьох армірованих сітками плит завтовшки 5 см з бетону міцністю 50 МПа. В дослідженнях вивчали вплив конструктивних з'єднань і ширини шва $\delta_{ш}$ в з'єднанні (I-а серія - $\delta_{ш} = 20$ мм, 2-а серія - $\delta_{ш} = 40$ мм). У зразках № 1 плити з'єднувались зварюванням металічних пластин - наклепок до закладних деталей у вигляді кута з анкерами, у зразках № 2 - додатково омонолічували дрібним бетоном шпони розміром 150x20x50 мм, а в зразках № 3 - ще й шви по всій довжині.

Руйнування усіх зразків відбувається по бетону шпонок, швів і плит біля закладних деталей і вздовж анкерів при досягненні максимального зсувного навантаження \bar{S} і пластичних деформацій Δ більше 3-5 мм. Однак, у випробуваннях одержані лише догірні цілянки діаграм. Значення руйнівних навантажень \bar{S} і жорсткостей \bar{C} , випробуваних на зсув з'єднань при деформаціях $\Delta = 0,5$ мм в горизонтальній площині і $\Delta = 1$ мм у вертикальній наведені в таб. I.

Таблиця I

Навантаження	№ зразка	Серія 1, $\delta_{ш}=20$ мм		Серія 2, $\delta_{ш}=40$ мм	
		\bar{S} , кН	\bar{C} , кН/мм	\bar{S} , кН	\bar{C} , кН/мм
Горизонтальне	1	100	129	140	86
	2	135	148	165	120
	3	230	202	200	157
Вертикальне	1	28	20,7	200	13,8
	2	35	29,9	31	25,2
	3	48	36,6	44	33,5

му в 1,5 раза, а при II,28 кПа - в 1,5...2,0 разів, причому більше значення відноситься до зсуву.

Аналіз результатів досліджень збірних дисків перекриття, виконаних автором та іншими дослідниками, показав, що руйнування дисків в загальних випадках супроводжується виключенням багатьох зв'язків і відбувається при значних прогинах дисків, що може привести до передчасного руйнування колон і діафрагм, відриву стінних панелей, пошкодженню перегородок і заскління. Тому рекомендується обмежувати прогини диска величиною, що дорівнює $1/600$ висоти поверху будівлі і в запас міцності приймати за руйнування один із випадків, одержаних випробуванням натурних дисків і численних досліджень. Умови міцності диска записують у такому вигляді:

1) зсув настиду вздовж ригеля поперечною силою Q в поперечній смузі диска

$$Q \leq \bar{S}_y, \quad (2)$$

де \bar{S}_y - міцність з'єднання 2-го типу при зсуві уздовж ригелів:

2) руйнування міжплитного з'єднання поточними силами

$$S \leq \bar{S}_x, \quad (3)$$

де \bar{S}_x - міцність з'єднання I-го типу при зсуві:

3) розтягання плити-стягеля або ригеля силою N від поперечного згину з перекосом і місцевих розтягуючих сил

$$N \leq \bar{N} \quad (4)$$

де \bar{N} - допустиме розтягуюче зусилля в плиті-стягелі або ригелі.

При омонолічених міжплитних з'єднаннях в диску із плит 2Т з опірними діафрагмами руйнування крайніх ригелів і кутів плит неможливе і тому ці випадки неприведені.

Міцність опражень \bar{S}_y і \bar{S}_x визначаються за формулами аналогічними (1), при цьому в опраженні I-го типу слід додатково враховувати силу тертя від тиску на боки вітровим напором P_n , а в опраженні 2-го типу - натиск плит-стягелів на колони і силу тертя від вертикального навантаження і від розпору плит в стінки ригелів.

Перевірки (2) і (3) виконуються на ділянках диска, де діє максимальна і поточна сила, що визначаються за формулою

$$S = q\ell/B, \quad (5)$$

де ℓ , B - проліт і ширина поперечної смуги диска в осях колон.

Відносна висота стиснутої зони перевізу диска вздовж ригеля

мала і може бути визначена за формулою

$$\xi = 10\mu L, \quad (6)$$

де μ - коефіцієнт армування; L - відношення модулів пружності арматури і бетону.

При міцних (3) і жорстких міжплитних швах та виконанні умов (2) руйнування середніх смуг диска відбувається від згинання і умова (4) набуває вигляду

$$N = M/B - T/2 \leq \bar{N}, \quad (7)$$

де T - сила тертя у sprzęженні 2-го типу від вертикального надлишкового навантаження

$$T = 0,5fqlB, \quad (8)$$

тут q - рівномірно розподілене навантаження на перекритті.

В загальному випадку при податливих маломіцних міжплитних з'єднаннях у стані поперечного згину з перекосом при однаковій ширині плит умова міцності (4) набуває вигляду

$$N = \frac{1}{2}[(ql/B - \bar{S}_x)n - T] \leq \bar{N}, \quad (9)$$

де n - кількість плит в поперечній смузі.

При відсутності міжплитних швів $\bar{S}_x = 0$ і впису має місце перебік. Відношення міцностей поперечної смуги диска при поперечному згині і перекосі має вигляд

$$M/(ql) = n/2, \quad (10)$$

При збільшенні ширини плит їх число зменшується, а міцність вічка при перекосі зростає і при $n=2$ досягає міцності при згині.

В sprzęженнях 2-го типу при ширині колон, що дорівнює ширині ребра ригеля, і при відсутності шпонок сила тертя T частково йде на сприйняття поперечної сили Q , тому в формули (7), (9) слід ввести частину сили тертя, що залишилася, (8) або для більшої надійності і спрощення розрахунків приймати $T=0$.

При згинально-перекосях деформаціях диска в найбільш напруженому нижньому арматурному з'єднанні "I" розтягання викликає як момент так і поперечна сила.

$$N_1 = N_1^m + N_1^q, \quad (11)$$

При цьому зусилля N_1^q викликає тільки поперечна сила в стані перекоосу

$$Q^q = Q - Q^m = (1 - \varphi)Q, \quad (12)$$

де Q - поперечна сила в стані згину; φ - коефіцієнт, що змі-

нюється від нуля - при невиконаних міжплитних з'єднаннях, по опинці - при відсутності взаємного зсуву плит.

Поперечна сила Q сприймається за рахунок перешкоджаючих перекосу моментів в торцях широких з'єднаних плит і розпорів F широкіх плит n_w в стінки ригелів. Враховуючи, що згинаючий момент розтягне нижню з'єднану плиту і стисне верхню, розпори будуть змінні по ширині вічка диска - мінімальні в нижній плиті і максимальні у верхній. При цьому найменші розходження між значеннями розпорів будуть при $\Phi=0$, а по мірі зростання Φ розходження буде збільшуватися і при $\Phi=1$ настил із плит працює як цільна пластина. Але при малих значеннях Ql/M навіть при $\Phi=0$ розпори в нижніх плитах можуть бути відсутніми.

Тому в запас міцності пропонується визначати зусилля в нижньому з'єднанні, розтягнутому від моменту при однакових по ширині диска значеннях розпорів F .

Місцеве розтягальне зусилля в ригелі, що знаходиться в створі з вузькою вертикальною діафрагмою, яка є опорою диска, визначається за формулою

$$N_q = (Q_L + Q_n) V_y / V \quad (13)$$

де V_y - відстань до вузької діафрагми; Q_L, Q_n - поперечні сили в диску зліва і справа від діафрагми.

При наявності біля діафрагми з одного або з двох боків отворів, наприклад, у вигляді скідцевих плиток зусилля (13) буде ще більшим. Крім того N_q необхідно додають додаткові зусилля N_n від погрішності монтажу колон і зусилля, викликані відсосом P_n з відвітряного боку і диска. Через велике сумарне розтягальне зусилля в ригелях часто необхідна перекомпановка діафрагм будинків або застосування індивідуальних ригелів з усиленням армуванням підрізків.

Результати роботи використані при розробці рекомендацій і вдосконаленні конструкцій з'єднань дисків перебиття із плит ЗТ. При цьому за рахунок зменшення ваги, кількості закладних петель і з'єднань витрата сталі зменшена на 2 кг на 1 м² плити.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

1. Перекриття із гонкостінних великомірних плит 2Т, особливо з підрізками на опорах, які дають можливість значно знизити номенклатуру каркасів, економічне по використанню матеріалів і технологічне у виготовленні. Однак, більш широкому їх використанню перешкоджає побоювання в недостатній міцності і жорсткості міжплитних спряжень і диска в цілому при дії вітрових і нерівномірних вертикальних навантажень, не дивлячись на перевірку в спряженнях великої кількості трудомістких металічних накладок. Тому, наприклад, в США на поверхні дисків роблять арміровані набетонки, що значно удорожає будівництво будівель.

2. Збірні диски із плит 2Т раніше практично не досліджувались. Точний деформаційний розрахунок такого диска, який є складною системою з комбінованими податливими спряженнями, в наш час неможливий. Спрощені моделі розрахунку як ферми із стиснутими підкосами, або як абсолютно жорсткої балки-стілки дуже приблизні і не відображають реального характеру деформування диска в своїй площині при одночасній дії горизонтального і вертикального навантаження.

3. Експериментальні дослідження натурних модифікацій фрагментів показали, що міцність і жорсткість дисків переkritтя значно зростає по мірі омонолічування спряжень і зварювання закладних деталей. Зварювання міжплитних спряжень збільшує жорсткість і міцність дисків в 2 рази, омонолічування міжплитних швів додатково збільшує міцність і жорсткість в 1,5 рази, а омонолічування торцевих швів ще збільшує міцність і жорсткість в 2 рази. Приварка арматурних з'єднань до середніх плит впливає на міцність і жорсткість фрагмента тільки при дуже великих навантаженнях, а покладена набетонка по наступу практично не вплинула на міцність і жорсткість. Із-за посування стиків навіть при повній готовності і добрій якості збірних дисків переkritтя жорсткість виявилась в 5...40 разів менша ніж в монолітних дисках, а при неповній готовності або поганий якості - в 20 ... 100 разів.

4. Дослідження фрагментів виявили позитивний вплив вертикального навантаження, що викликає сили тертя в з'єднаннях обох типів, на міцність і жорсткість диска при роботі в своїй площині. Тому розрахунок диска на дію горизонтального навантаження слід викону-

вати при мінімальному вертикальному надлишковому навантаженні. Повторні вертикальні і горизонтальні навантаження при їх невеликій силі і малих переміщеннях незначно знижують жорсткість диска в своїй площині. При великих переміщеннях і навантаженнях, особливо після початку текучості арматурних споруджень, жорсткість диска знижується в 2 рази і більше, однак, на міцність це практично не впливає.

5. Характер деформування, жорсткість і міцність диска в своїй площині в значній мірі залежить від посунання споруджень. Так при неомонолічених або посувних спорудженнях під дією поперечної сили в диску з'являється перекіс, який супроводжується взаємним зсувом плит, їх поворотом на полицях ригелів. З'являються діагональні розпори плит в ригелі і згинання крайніх ригелів в горизонтальній площині. Із-за перекосу деформації збірного диска мають ясно виражений згінно-зсувний характер.

6. При виконанні конструктивних вимог руйнування дисків носить пластичний характер і супроводжується значним прогином і розкриттям тріщин в з'єднаннях плит з ригелями, згинанням крайніх ригелів в горизонтальній площині. Руйнування дослідженого фрагмента відбулося в результаті зсуву малої вічка вздовж полиці крайнього ригеля, де плити не мали опорних діафрагм і шпонок.

7. Дослідження на зсув шпоночних з'єднань показало, що діаграми деформування носять пружно-пластичний характер, а граничне значення міцності досягає при деформаціях 0,5-1,0 мм, в залежності від міри обчислення, розміру шпонок, товщини швів.

Для виключення крихкого руйнування шпонок від зросту відношення висоти шпонок до їх глибини слід приймати не менше 7...10 в залежності від товщини шва. Міцність з'єднання рекомендується визначати за двоцленною формулою I , приймаючи коефіцієнт тертя 0,55, а міцність шпонки на зім'яття - 1,5.

8. Діаграми деформування міжплитних стиків мають пружно-пластичний характер, а граничне значення їх міцності досягає при зсуві в площині диска 1-2,5 мм. Руйнування зразків відбувається по бетону шпонок і плит біля закладних деталей. Омонолічування стиків помітно збільшує їх міцність, а вплив ширини швів на міцність - незначна.

Міцність в площині диска визначається з урахуванням зім'яття

шпонки і сил тертя, що створюються анкерами закладних деталей, і, в кінцевому рахунку, окладає 50 кН на шов і одну закладну деталь, що в багатьох разів більше ніж зусилля в диску. Міцність стиків з однією деталлю в площині диска окладає менше 10 кН і близька до розрахункового зусилля в диску.

9. Розроблений інженерний метод розрахунку міцності збірних дисків враховує пластичний характер руйнування, сили тертя від вертикального надлишкового навантаження, додаткові зусилля від погіршеності монтажу колон і місцеві зусилля біля вузьких вертикальних діафрагм і східцевих плиток.

Практичний розрахунок прогинів дисків виконується як в балці-стілці з урахуванням експериментальних значень фіктивних жорсткостей при згинанні і зсуві.

10. Показана можливість ефективного застосування плит ЗТ в складі збірних дисків перекриття з "єднущих каркасів без використання дорогих монолітних армірованих з'ямок і закладних деталей в торцях рядових плит.

Результати досліджень використані при розробці рекомендацій по проектуванню збірних дисків перекриття і при вдосконаленні типів і регіональних серій.

Основні наукові результати дисертаційної роботи відображені в наступних публікаціях.

1. Макаренко С.К. Дослідження жорсткості натурального диску із плит ЗТ в своїй площині. - Зб. Експериментальні дослідження конструкцій цивільних будинків. Київ, КиївВНДІБ, 1987, с.34-42.

2. Семко Ю.Н., Семченков А.С., Макаренко С.К., Кутовий А.Ф. і др. Несуча спроможність стикових з'єднань. - В зб.: Будівельні матеріали і конструкції. Київ, 1988, вип.1, с.17-18.

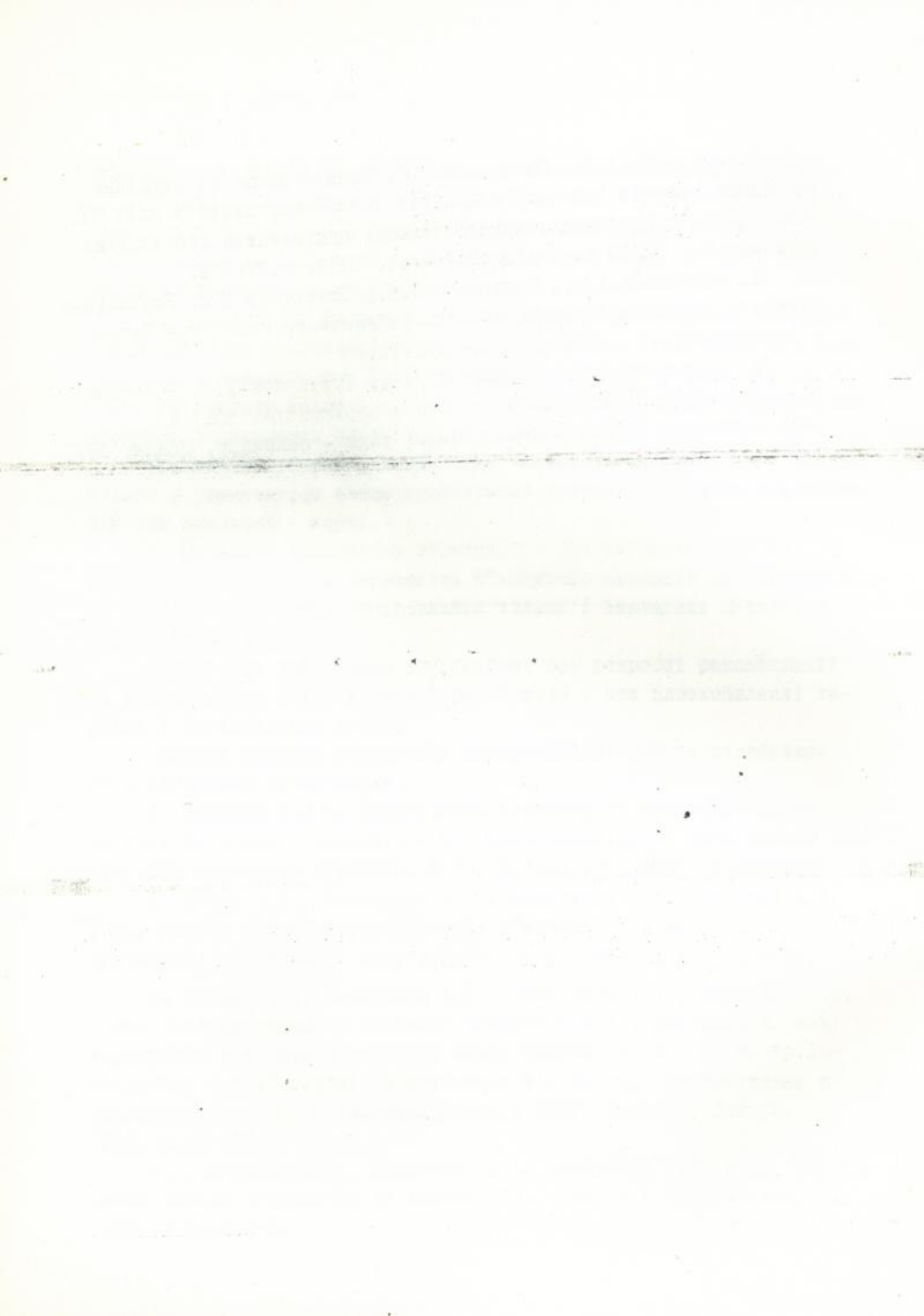
3. Семко Ю.Н., Семченков А.С., Макаренко С.К., Богданов В.Ф. і др. Експериментальне значення напруженостей і розпорів в диску перекриття від горизонтального навантаження. - Зб.: Наук. тр. Дослідження в будівництві. Напруженості в бетоні. Випробування в конструкціях. НДІ Будівництва Держбуд ЕСРР, Таллінн, Валгус, 1985, с.90-106.

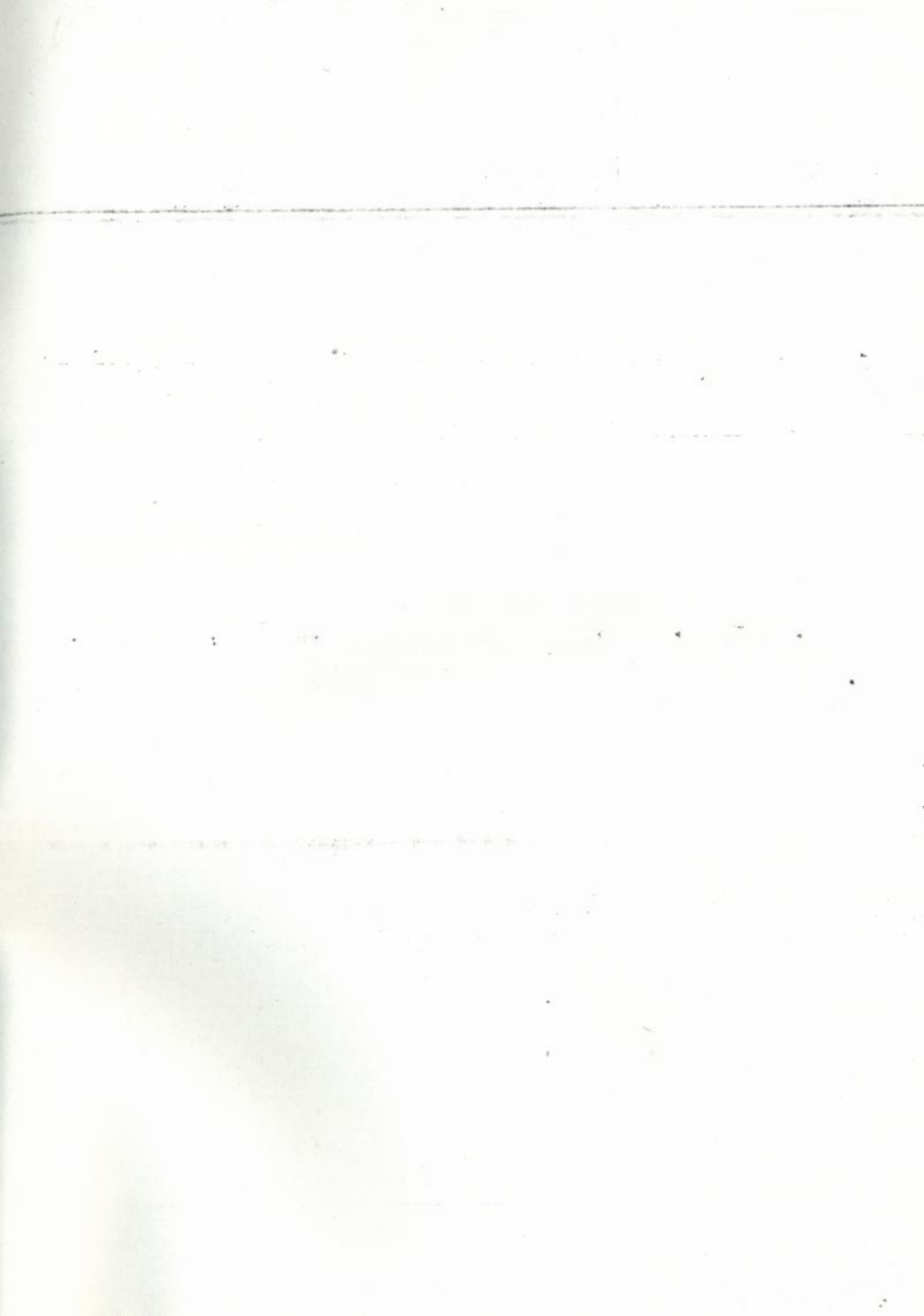
4. Семченков А.С., Десятник Е.И., Макаренко С.К. і др. Дослідження дисків перекриття із панелей ЗТ. - Бетон і залізобетон, М., 1985, № 2, с.7-9.

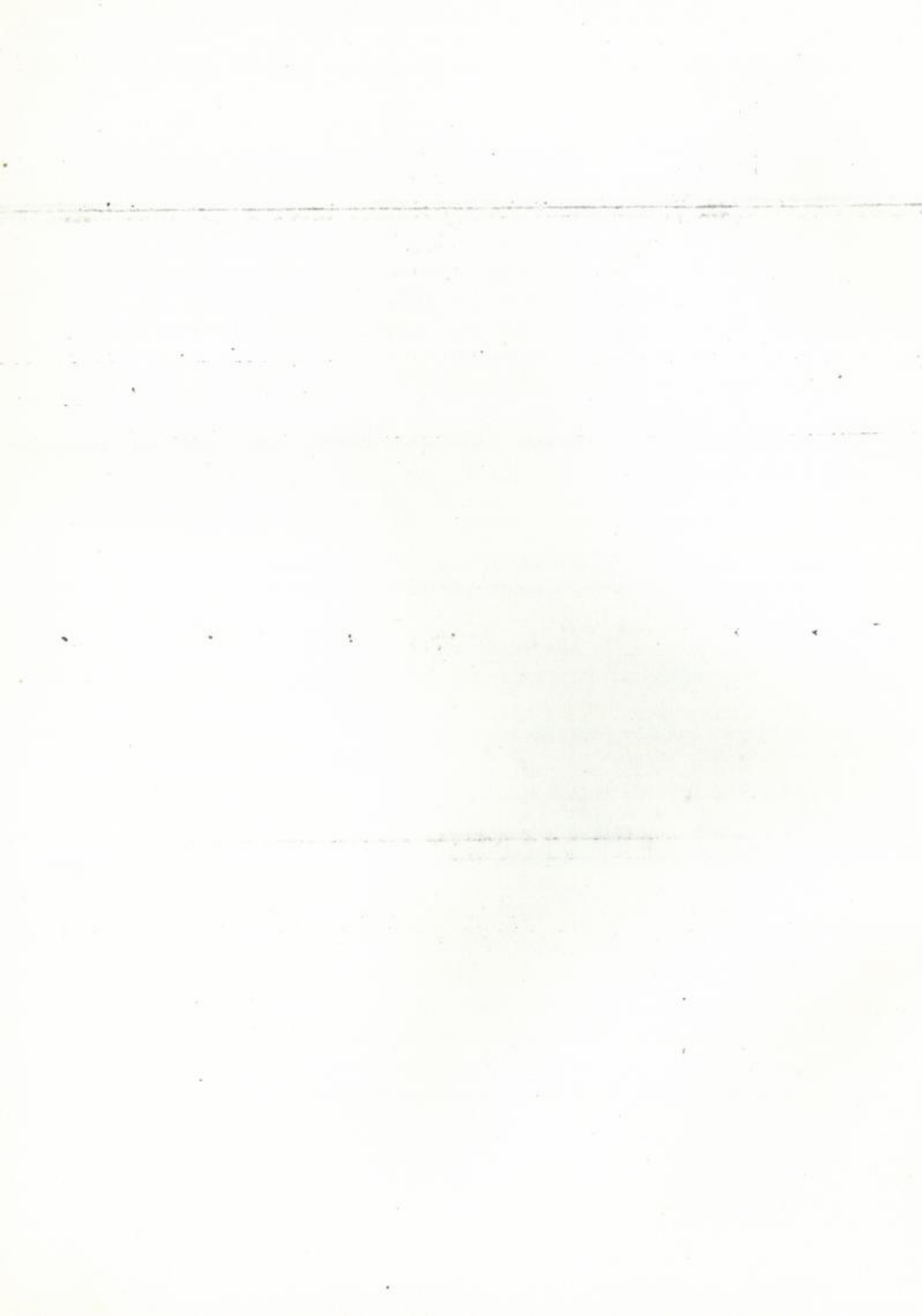
5. Семченко А.С., Макаренко С.К. Випробування на зрушення дослідних зразків стикових елементів диска перекриття з плит 2Т.-36.: наук.тр.Проблеми індустріалізації будівництва громадських будинків.М.; ЦНДІП реконструкції міст, 1989, с.97-112.

6. Семченков А.С., Макаренко С.К., Третяков Б.И. Розрахунок міцності збірних дисків перекриття зв'язкового маркасу.- Бетон і залізобетон, М., 1987, № 10, с.21-23.

7. Семченков А.С., Макаренко С.К., Третяков Б.И. Ефективні великопротитні багатослоєвий маркасу з перекриттям плит 2Т. Тези доповідей III науково-виробничої ради - семінару, Мінск, 1987, с.1-4.







460857

AB 29.338

AB 29.338