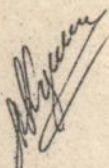


ОДЕССКИЙ ИНЖЕНЕРНО - СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи



КОЗДОБА Игорь Николаевич

УДК 624.012.45.044:539.376

ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ ПЛОСКОНАПРЯЖЕННЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДИСКОВ С ТРЕЩИНАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ

Специальность 05.23.01 - строительные конструкции,
здания и сооружения.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1993

1500.210
Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Одесском инженерно-строительном институте.

Научный руководитель – Заслуженный деятель науки Украины,
доктор технических наук, профессор
И.Е.ПРОКОПОВИЧ.

Официальные оппоненты: – доктор технических наук, профессор
С.Ф.КЛОВАНИЧ,
– кандидат технических наук, доцент
В.Т.БУГАЕВ.

Ведущая организация – Проектно-изыскательский и научно-исследо-
вательский институт морского транспорта
"ЧерноморНИИпроект". Украина, г.Одесса.

Защита состоится "2" ноября 1993г. в 11 часов на заседании специ-
ализированного совета Д Одд.4І.01 в Одесском инженерно-строитель-
ном институте по адресу: 270029, Одесса, ул. Дидрихсона, 4, ОИСИ, ауд. 210.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского инженерно-
строительного института по адресу: 270029, Одесса, ул. Дидрихсона, 4, ОИСИ.

Автореферат разослан 30 "сентябре" 1993г.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00810700 (G)

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук, доцент

Малахова Н.А. МАЛАХОВА.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из путей повышения эффективности строительного производства снижения себестоимости строительства является совершенствование методов расчета строительных конструкций гражданских и промышленных зданий и сооружений*. Получившая в настоящее время существенное развитие теория расчета плоскосопряженных железобетонных конструкций с учетом действительной ориентации трещин /балки-стенки, несущие стеновые панели, перегородки, диафрагмы, ядра жесткости, вертикальные стены бункеров и т.д./, разработана в НИИЖБе Госстроя СССР. Но еще недостаточно экспериментально исследованы некоторые параметры теории и работа плоскосопряженных конструкций с трещинами при действии длительных нагрузок высоких уровней, полных разгрузок, малоцикловых нагрузок. Достоверная оценка количественного и качественного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций при постоянных и переменных во времени длительных нагрузках, встречающихся в практике эксплуатации, позволит уточнить методики расчета деформативности и прочности плоскосопряженных элементов железобетонных конструкций, способствовать надежности проектных решений.

Цель диссертационной работы является:

- изучение деформативности и прочности плоскосопряженных железобетонных элементов с трещинами на фрагментах железобетонных балок-стенок - растянуто-сжатых железобетонных дисках с трещинами при действии двухосных кратковременных нагрузок, задаваемых по различным траекториям, постоянных и малоцикловых длительных нагрузок и их сочетаний;
- сопоставительное изучение деформативности и прочности бетонных и армированных призм при действии постоянных и малоцикловых длительных нагрузок высоких уровней.

Автор защищает:

- результаты экспериментальных исследований деформативности и прочности растянуто-сжатых железобетонных дисков с непересекающимися трещинами, бетонных и армированных призм при действии кратковременных, постоянных и малоцикловых длительных нагрузок высоких уровней;
- предложенные на основании анализа опытных данных методики и зависимости для определения деформативности и прочности бетона и плоскосопряженного железобетона с трещинами при действии кратковременных, постоянных и переменных длительных нагрузок высоких уровней.

Научную новизну работы составляют:

- экспериментальные данные о деформативности и прочности бетонных, железобетонных одноосно сжатых призм и растянуто-сжатых по различным траекториям железобетонных дисков с непересекающимися трещинами при действии кратковременных, постоянных и малоцикловых длительных нагрузок высоких уровней;
- рекомендации по учету постоянных и переменных длительных нагрузок при определении деформативности бетона и железобетонных дисков с трещинами;
- рекомендации и зависимости для определения прочности бетона и железобетона с трещинами при различных траекториях и режимах нагружения постоянными и малоцикловыми длительными нагрузками.

Практическое значение работы:

Полученные опытные данные, предлагаемые методики и зависимости позволяют уточнить ряд положений расчета деформативности и прочности железобетона с трещинами при различных кратковременных, постоянных и малоцикловых длительных нагрузках растяжение-сжатие высоких уровней. Результаты экспериментальных исследований и рекомендации по определению деформативности и прочности растянуто-сжатых железобетонных дисков использованы Донецким ПромстройНИИпроектм при расчете и проектировании башенных шахтных когров.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих конференциях и совещаниях: на научно-практической конференции "Совершенствование методов расчета и проектирования современных видов строительных конструкций" - г.Ровно, 1988 г., на республиканской конференции "Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику" - г.Полтава, 1989 г., на координационном совещании комиссии по длительной прочности бетона секции М1 Научно-координационного совета по бетону и железобетону Госстроя СССР - г.Одесса, 1989 г., на XLVI и XLVII научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Одесского инженерно-строительного института, - г.Одесса, 1989, 1991 г.; на совместном координационном совещании Комиссии по монолитным железобетонным сооружениям башенного типа и по пространственным конструкциям Научно-координационного совета по бетону и железобетону Госстроя СССР - пос.Брусина, Донецкой обл., 1991 г.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы: страниц - 146, таблиц - 14, рисунков - 47, библиография из 110 позиций.

По теме диссертации опубликовано три статьи.

Работа выполнена в соответствии с планом научных исследований кафедры строительной механики по проблеме "Влияние длительных процессов на деформативность, прочность и устойчивость строительных конструкций", 1981-1990г.г./ в рамках плана фундаментальных исследований Минвуза Украины по теме "Механика длительного разрушения бетона и ее практическое применение"/1988-1990г.г./ и по теме "Методы расчета несущей способности бетонных и железобетонных конструкций, учитывающие реальные режимы возведения и воздействия внешней среды"/1991-1993г.г./.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному консультанту д.т.н., проф. А.Ф.Яременко за оказание помощи и содействие при выполнении данной диссертационной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояние вопроса. Экспериментально-теоретическим исследованиям деформативности и прочности одноосно сжатого бетона при действии постоянных и малоцикловых длительных нагрузок посвящены работы С.В.Александровского, А.А.Гвоздева, И.И.Улицкого, О.Я.Берга, И.Е.Прокоповича, В.Я.Багрия, К.С.Карпетяна, А.Я.Зарашикова, В.М.Бондаренко, А.Е.Шейкина, П.И.Васильева, Фрейденталя, Ролля, К.З.Галуостора, Л.И.Катина, И.И.Темнова, А.Ф.Яременко, М.М.Заставы, В.М.Кобринца, В.Г.Щелкунова, С.Ф.Клованича, Л.П.Макаренко, Ч.Ф.Мазура, Иг.Ил.Темнова, Л.В.Черной, А.И.Твардовского и других авторов.

Изучением плоского напряженного состояния железобетона с трещинами занимались А.А.Гвоздев, Г.А.Гениев, В.С.Здоренко, С.М.Крылов, Н.И.Карпенко, И.Н.Кедич, И.Я.Кублин, Т.А.Мухамедиев, Е.Петер, Н.Раши, В.И.Соломин, Л.П.Трапезников и другие авторы. Наиболее полно особенности деформирования и сопротивления плоскостных конструкций учитывает теория деформирования железобетона с трещинами, разработанная А.А.Гвоздевым и Н.И.Карпенко, и в дальнейшем развитии применительно к расчету железобетонных конструкций различных классов в работах Н.И.Карпенко, его учеников и последователей. Основные положения расчета и параметры этой теории при длительном действии нагрузки разработаны и развиты И.Е.Прокоповичем, А.Ф.Яременко, Е.У.Еньковым, Л.М.Григорьянц, Н.И.Гусейновым, А.Я.Мельником, В.С.Гапшенко.

Принятая методика испытаний учитывает существующий опыт исследований плоскостных железобетонных конструкций, накопленный, в частности, в НИИЖБ и Одесском инженерно-строительном институте.

В диссертации описаны методики испытаний бетонных и армированных призм $7 \times 7 \times 30$ см и растянуто-сжатых железобетонных дисков с непересекающимися трещинами $7 \times 30 \times 30$ см, армированных одинарной сеткой,

где стержни одного из направлений наклонены к трем непересекающимся трещинам под углом 45° или 90° . Шаг стержней сетки дисков $D_n = 7,5$ см, для дисков $D_k = 5$ и 8 см. Трещины инициировали ослаблением бетонного сечения целлулоидными линейками/рис.1./ Испытано: призм бетонных - 96, железобетонных - 12, дисков - 70, кубов - 72 шт. Сетки дисков изготовлены из арматуры периодического профиля класса А-III $\varnothing 6$ мм. Тяжелый бетон класса В30 изготавливали из: портландцемента активностью 40 МПа; морского песка с модулем крупности 1,69; гранитного щебня крупностью от 1,5 до 20 мм. Дозирование компонентов бетона по массе $w_1:w_2:w_3 = 1:1,6:3$ при $V/C = 0,48$.

Кратковременные загрузки дисков проводили по различным траекториям: только сжатие, только растяжение или сжатие и растяжение поочередно студентами /"простое" загрузку/. Для сопоставления с результатами испытаний других авторов, также загружали по "сложным" траекториям - сначала растягивающими усилиями до уровня 0,5, а затем - сжимающими до разрушения. Постоянные и малоцикловые нагрузки прикладывали по "простым" траекториям, как наиболее соответствующим реальной работе фрагментов железобетонных конструкций. Режимы испытаний призм и дисков приведены на рис.2.

С помощью индикаторов часового типа и тензорезисторов измеряли продольные и поперечные деформации призм, дисков, полос бетона между трещинами, арматуры в трещинах и в полосах бетона. Измеряли также ширину раскрытия трещин. Величины длительных нагрузок, соответствующих требуемым уровням, определяли по результатам кратковременных испытаний и корректировали по результатам ультразвуковых исследований всех образцов рассматриваемой серии.

Часть из полученных экспериментальных данных приведена на рис.3,4 - деформативность, рис.5 ..8 - прочность, где они сравниваются с результатами расчета.

Для описания деформаций дисков можно использовать зависимости, полученные ранее для случаев кратковременных или длительных постоянных нагрузок:

$$\begin{aligned} \epsilon_n &= C_n \sigma_n + C_{\epsilon} \epsilon_{\sigma} \\ \epsilon_{\epsilon} &= C_{n\epsilon} \sigma_n + C_{\epsilon} \epsilon_{\sigma} \end{aligned} \quad /1/$$

где коэффициенты $C_n, C_{n\epsilon}, C_{\epsilon}$ имеют вид:

$$C_n = \frac{\lambda_x \psi_{2x}}{\mu_{2x} E_s V_{2x}} + \frac{\lambda_y \psi_{2y}}{\mu_{2y} E_s V_{2y}}, \quad /2/$$

$$C_{\epsilon} = \frac{1}{E_s V_s} + \bar{\epsilon}(t, t_0), \quad C_{n\epsilon} = -0,2 C_{\epsilon}$$

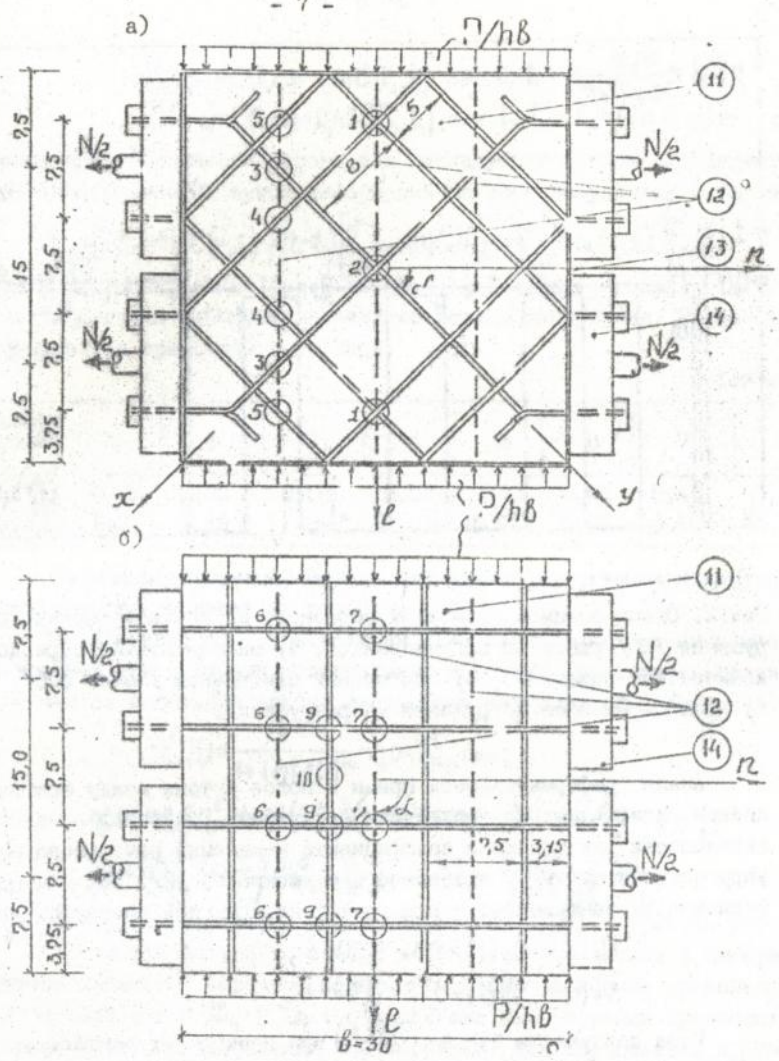


Рис. 1. Схемы армирования и расположения тензодатчиков на арматуре дисков: а) Дк и б) Дп
 Точки 1 + 7 - тензореzисторы в трещине, 9, 10 - на растянутой и на сжатой арматуре в бетоне, 11 - по-
 лоса бетона между трещин, 2 - линейки, ослабля-
 ющие сечение, 13 - металлические пластинки, предот-
 вращающие сближение стержней. 14 - три арси, распре-
 деляющие на арматуру растгивающие усилия.

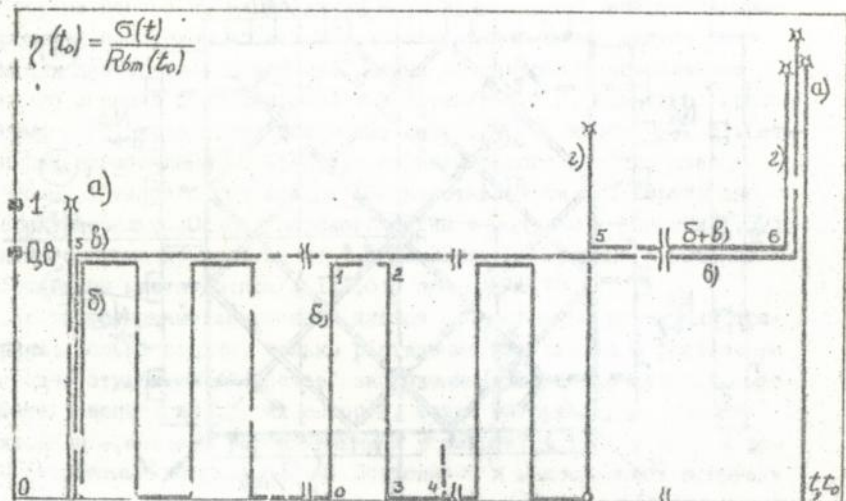


Рис.2. Схемы режимов испытаний образцов: а) кратковременный до разрушения / Δ / ранее не загружавшихся, б) малоцикловый с периодом T , количеством циклов N , в) постоянный длительный /точки 5,6/, г) кратковременное догружение до разрушения.

Анали деформативности призм и полос бетона между трещинами дисков, испытанных малоцикловыми нагрузками, позволил предложить зависимости для описания коэффициента изменения начального модуля упругости бетона ν_b , входящего в зависимость /2/. На i -м цикле величина ν_b заменяется: для нагрузок на $\nu_b(i)$, для разгрузок - на $\bar{\nu}_b(i)$:

$$\begin{aligned} \nu_b(i) &= \nu_b(1) + 0,1 - 0,005 i, \\ \bar{\nu}_b(i) &= \nu_b(1) + 0,17 - 0,002 i. \end{aligned} \quad /3/$$

Мера ползучести бетона $\bar{C}(t, t_0)$ при постоянных длительных напряжениях уровня $0,8$ описана зависимостью:

$$\bar{C}(t, t_0) = C(t_0^+) = 1,655 \Omega(t_0) \cdot 67 \cdot 10^{-6} (1 - 0,8 e^{-0,008(t-t_0)} - 0,2 e^{-0,8(t-t_0)}) \quad /4/$$

При действии малацикловых нагрузок величина $\bar{C}(t, t_0)$ берется из зависимостей, записанных с учетом предложений М.М.Заставы. После первого цикла нагружения:

$$\begin{aligned} \bar{C}(t, t_0) &= C(t, 28) - 0,61C(t_2, t_1) \text{ для } t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = 1 \text{ сут.} \\ \bar{C}(t, t_0) &= C(t, 28) - 0,40C(t_2, t_1) \text{ для } t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = 8 \text{ сут.} \end{aligned} \quad /5/$$

Деформации ползучести бетона для последующих циклов определяются как алгебраическая сумма деформаций на всех полуциклах нагружений:

$$E_{p\ell}(n, t_0) = \epsilon_0 C(\infty, t_0) f(t, t_0) \left[\sum_{j=1}^i k_{p\ell}(n) \Omega(t_j) - \xi \sum_{j=1}^i k_{in}(n) \Omega(t_{i-j}) \right] \quad /6/$$

для $t_i - t_{i-1} = t_1 - t_0 = T/2 = 1 \text{ сут.}$ $\xi = 0,46$; для $T/2 = 8 \text{ сут.}$ $\xi = 0,41$

Коэффициентами $k_i(\alpha)$ учтено влияние режима загрузки. Значения коэффициентов приведены в таблице.

Таблица.

Номер цикла	1	2	3	4	5	6	7	8
$k_{p\ell}(i)$	0,79	0,65	0,56	0,50	0,45	0,43	0,41	0,41
$k_{in}(i)$	1,21	1,13	1,06	1,01	0,97	0,93	0,90	0,87

Величины деформаций бетона для одного из режимов малоцикловых нагрузок представлены на рис.3.

Коэффициент γ'_{3n} , учитывающий силы зацепления бетонных мостиков в трещине при действии малоцикловых нагрузок "растяжение-сжатие" для 4-х циклов испытаний описан следующими зависимостями /рис.4./:

$$\gamma'_{3n}(i) = \frac{1}{1 + (\eta_n^{\epsilon}(i))^2} - 0,04 \bar{\eta}_n^{\sigma}, \text{ где:}$$

$$\eta_n^{\epsilon}(i) = 0,6 \eta_n^{\sigma} (1 + \varphi(t, t_0)) (1 - 0,6 |\cos 2\alpha|) / (\mu_n \alpha_{\epsilon}) + \chi_i, \quad /7/$$

$$\chi_i = \bar{\eta}_n^{\sigma} \sum_{j=1}^i (12 - \frac{4}{j} \varphi(t, t_0)) / j; \quad \bar{\eta}_n^{\sigma} = \frac{\max \eta_n^{\sigma} - \eta_n^{\sigma}}{\max \eta_n^{\sigma}}$$

где η_n^{σ} - уровень растягивающих напряжений, $\eta_n^{\epsilon}(i)$ - уровень деформаций.

Прочность растянуто-сжатых железобетонных дисков с непересекающимися трещинами выражена сочетанием взаимозависимых предельных величин напряжений σ_n и σ_l ; она описана на основании предпосылок и зависимостей, предложенных Н.И.Карпенко. Для определения прочности диск по растянутой арматуре в трещинах при $\alpha = 90^\circ$ и $\alpha = 45^\circ$ получена упрощенная зависимость:

$$\sigma_n \leq R_{sx} \gamma_{sx} \mu_{sx}, \quad /8/$$

$$\text{где } \gamma_{sx} = 0,94 - 20 \mu_{sx} \cdot \sin 2\alpha. \quad /9/$$

Условие прочности полос бетона между трещинами для дисков с $\alpha = 45^\circ$ и $\alpha = 90^\circ$:

$$\sigma_l \geq -R_b \gamma_{bp} + \sigma_{ky} \psi_{sy} \mu_{sy}, \quad /10/$$

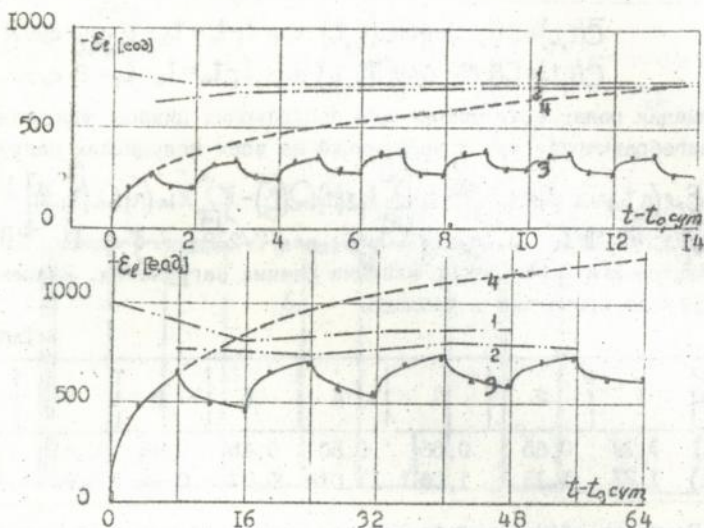


Рис.3. Описание деформаций бетона при действии малоцикловых нагрузок: 1 - упругие при загрузке, 2 - упругие при разгрузке, 3 - ползучести при малоцикловой нагрузке, 4 - ползучести при постоянной длительной нагрузке уровня 0,8 от призменной прочности бетона.

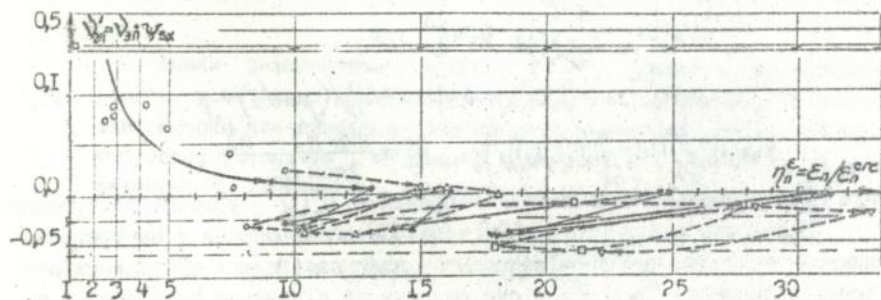


Рис.4. Изменение сил зацепления бетонных мостиков в трещине V'_{3n} растянуто-сжатого диска D_n при действии малоцикловой нагрузки ($T=4$, $n=4$ циклов), подсчитанные: по зависимостям (7) (—) и по опытным данным (---). Соответственно обозначены для номеров циклов: 1 - \circ , 2 - Δ , 3 - \square , 4 - ∇ .

или, выраженное через прочность бетона, принимает вид:

$$\sigma_{\epsilon} \geq -R_b \gamma_n \quad /II/$$

Здесь: γ_{br} - коэффициент условий работы бетона, учитывающий действие ортогональных растягивающих напряжений уровня η_n^{σ} и наличие трещин; γ_n - коэффициент условий работы полас бетона, дополнительно учитывающий наличие арматуры. Они описаны зависимостями:

$$\gamma_{br} = 0,98 - (\eta_n^{\sigma} - 0,007)^{(4 - \sin 2\alpha)}, \quad /I2/$$

$$\gamma_n = 1,06 - \eta_n^{\sigma} (4 - \sin 2\alpha) \quad /I3/$$

где $\eta_n^{\sigma} = \sigma_n / R_A(n, 0)$ - уровень растягивающих напряжений, действующий от прочности растянутого диска $R_A(n, 0)$, соответственно D_k или D_n . Кратковременная прочность дисков в возрасте $t > 28$ сут. определяется при замене в зависимости /I0/ или /II/ величины $R_b = R_{bn}(28)$ прочностью бетона $R_{bm}(t) = R_{bn}(28) \cdot f_0$, где f_0 - функция роста призмочной прочности незагружавшегося ранее бетона во времени:

$$f_0 = f_0(t, 28) = 1 + \frac{28}{46 + B} \left(\frac{t - 28}{t + 40} \right), \quad \text{где } B = 30. \quad /I4/$$

При действии постоянных длительных напряжений η_{ϵ}^{σ} , превышающих предел длительного сопротивления бетона сжатию /уровень $\eta_{\epsilon}^{\sigma} \geq \eta_{\epsilon}^{\sigma}(t-t_0)$ /, диски разрушаются через интервал времени $t-t_0$. В этом случае прочность дисков определяют по зависимости /I0/ или /II/, заменив величину R_b на величину действующих напряжений $R_{bm}(t_0) \cdot \eta_{\epsilon}^{\sigma}$. При этом время до момента разрушения можно определить из зависимости:

$$\eta_{\epsilon}^{\sigma}(t-t_0) = 0,92 - 0,01 \ln(t-t_0), \quad \text{где } t, t_0 \text{ в сутках.} \quad /I5/$$

При действии постоянных длительных напряжений уровней $\eta_{\epsilon}^{\sigma} < \eta_{\epsilon}^{\sigma 0}$, прочность растянуто-сжатых дисков в возрасте t определяли путем догружения по заданной траектории. В этом случае для определения прочности необходимо в зависимости /I0/ или /II/ заменить величину R_b прочностью бетона при догружении $R_{bm}^{\sigma}(\eta_{\epsilon}^{\sigma}, t, t_0)$. Испытания одноосно сжатых бетонных призм постоянными длительными напряжениями уровней $\eta_{\epsilon}^{\sigma} < \eta_{\epsilon}^{\sigma 0}$ при догружении в возрасте t показали наличие дополнительного упрочнения, помимо "естественного" роста прочности бетона во времени. Опытные данные прочности бетона при догружении в различных возрастах $t / t_0 \geq 28$ сут. / описаны зависимостью /рис. 5, 6/:

$$R_{bm}^{\sigma}(\eta_{\epsilon}^{\sigma}, t, t_0) = R_{bm}(t_0) \left[f + \eta_{\epsilon}^{\sigma} (f^2 - 1 + \frac{f + \eta_{\epsilon}^{\sigma 0} (f^2 - 2)}{49 \eta_{\epsilon}^{\sigma} - 50 \eta_{\epsilon}^{\sigma 0}}) \right], \quad /I6/$$

$$\text{где: } f = f(t, t_0) = R_{bm}(t) / R_{bm}(t_0) = f_0(t, 28) / f_0(t_0, 28). \quad /I7/$$

Прочность дисков при догружениях после действия малоцикловых нагрузок определяли, заменяя в зависимости /I/ или /II/ величину R_b на прочность бетона после завершения i -го цикла $R^i(\eta^c, i, n, t_o, \rho)$. Испытания бетонных призм малоцикловыми нагрузками позволили оценить влияние разгрузок на уменьшение прочности и предложить зависимости для определения прочности $R^i(\eta^c, i, T, n, t_o, \rho)$:

$$R^i(\eta^c, i, T, n, t_o, \rho) = R_{\text{см}}(t_i) + \sum_{j=1}^i (\Delta_{\Sigma}(i) - R_{\text{см}}(t_j)) \frac{\varepsilon_n^o \cdot \varepsilon_n^i}{\varepsilon_{\Sigma} \cdot \varepsilon_{\Sigma}^o} \quad /18/$$

где $\Delta_{\Sigma}(i) = R_{\text{см}}(t_{i-1}) \cdot \eta^c \left(\frac{\rho^2}{\rho^2 - 1} + \frac{\rho_i + \eta^{\text{ср}} (\rho_i^2 - 2)}{49 \eta^c - 50 \eta^{\text{ср}}} \right)$, при $\frac{\rho_i}{\rho} = \frac{R_{\text{см}}(t_i \cdot T/2)}{R_{\text{см}}(t_{i-1})}$ /19/
 $\varepsilon_{\Sigma}(i)$ и $\varepsilon_{\Sigma}^o(i)$ - полные и остаточные продольные деформации, сформировавшиеся на i -м цикле соответственно до начала разгрузки и к моменту окончания цикла t_i ; $\varepsilon_n^o(i)$ - аналогично остаточные поперечные деформации полосы бетона, в сильной степени зависящие от наличия и величины макротрещин в образце / $\varepsilon_n^o / \varepsilon_{\Sigma}^o \approx 0,2 \div 0,4$./

Опытные и расчетные данные кратковременной прочности дисков для различных траекторий загрузений приведены на рис.7, прочности после действия различных длительных режимов загрузений - на рис.8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Работа посвящена экспериментально-теоретическим исследованиям деформативности и прочности плоских железобетонных дисков с непересекающимися трещинами при различной ориентации арматуры к трещине для случаев действия кратковременных нагрузок "растяжение-сжатие", изменяющихся по различным траекториям, а также постоянных и малоцикловых длительных нагрузок высоких уровней. Одновременно исследована работа для аналогичных режимов загрузений одноосно сжатых бетонных и армированных призм, моделирующих работу полос бетона между трещин.

2. Получены массивы новых экспериментальных данных о деформативности и прочности железобетонных дисков с трещинами и арматуры для рассматриваемых траекторий и режимов загрузений. Также получены величины предельных деформаций дисков и призм при действии малоцикловых и постоянных длительных нагрузок, при догружениях.

3. Кратковременные и длительные деформации сжатых призм и полос бетона дисков между трещинами при действии малоцикловых нагрузок рекомендуется определять с использованием зависимостей /2/ и /3/, а также моделей мультипликативного вида /4+6/, апробированных на одноосно сжатых призмах.

4. Выявлены значительные остаточные деформации дисков в направлении растягивающих усилий, формирующиеся уже после первой разгруз-

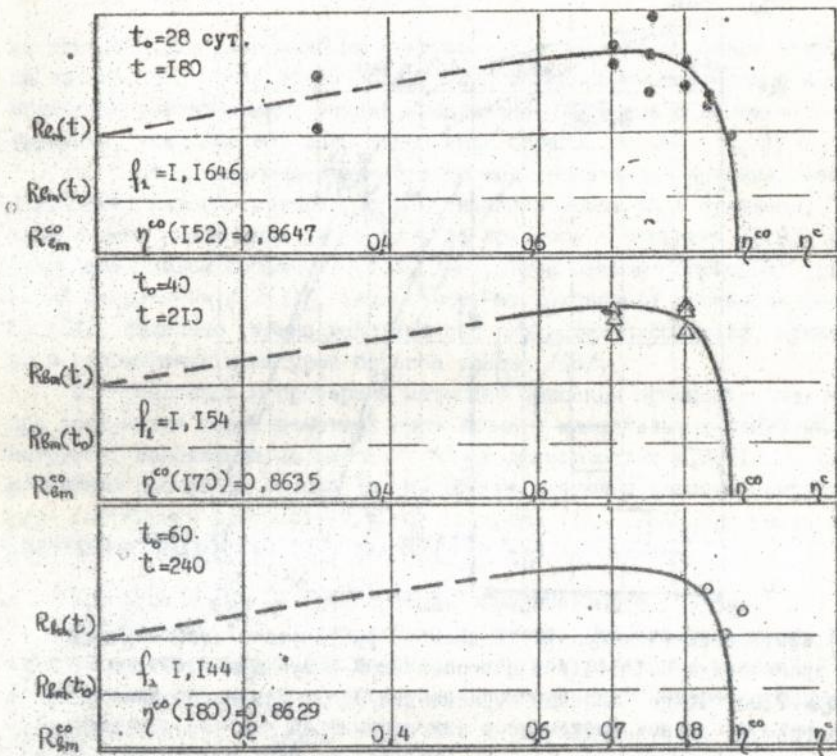


Рис. 5. Зависимость прочности бетонных призм при догрузении от уровня длительных напряжений η^c (по формуле 16.).

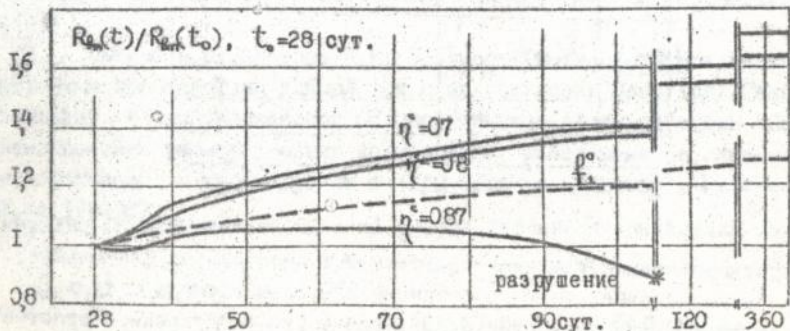


Рис. 6. Изменения прочнос и бетонных призм во времени при действии длительных напряжений $\eta^c = \text{const}$ (по 16, 17) и рост прочности f_1 .

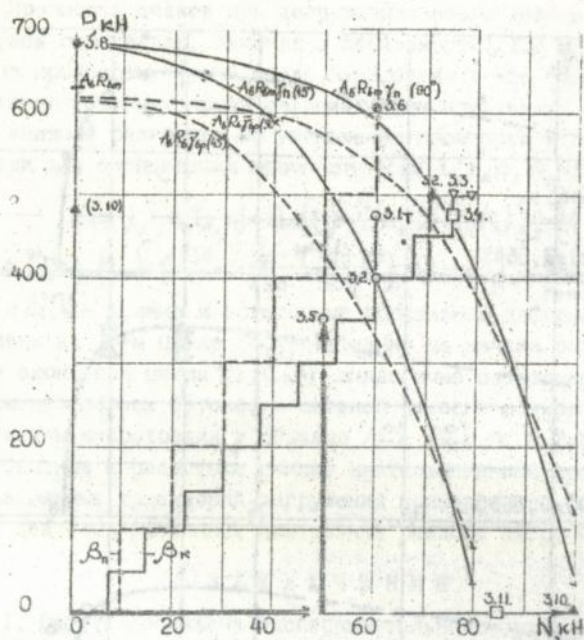


Рис. 7. Кратковременная прочность дисков, растянуто-сжатых по "простым" траекториям/3.1+3.11/ в возрастах: \circ - 30сут, Δ - 50+70, ∇ - 100+120, \square - 210сут.; по "сложной" траектории/3.5/. Кривые прочности полос бетона, по формулам (11, 13) и слагаемое $A_s R_n \gamma_n$ по формулам (10, 12).

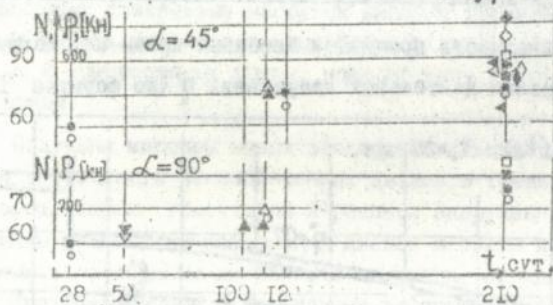


Рис. 8. Длительная прочность дисков Дк и Дп, испытанных по режимам: \circ - кратковременные, ∇, Δ - малоцикловые, \diamond, \square - постоянные длительные, \triangleright, \diamond - малоцикловые, затем постоянные длительные. $\circ, \nabla, \Delta, \diamond, \square, \triangleright, \diamond$ - соответствующие расчетные (8+19). Траектории загрузки - "простые".

ки при действии малоцикловых нагрузок, что вызвано неполным закрытием трещин. Для учета этого эффекта при определении деформаций в направлении растягивающих усилий предложено учитывать с помощью коэффициента, учитывающего силы зацепления берегов трещин $\gamma_{an}(i)/\gamma_i$.

5. Кратковременная прочность дисков с трещинами описана зависимостями, которые учитывают: угол наклона арматуры в трещинах, возможность разрушения по растянутой арматуре в трещинах /8,9/, или разрушения полос бетона /10,11/, где учтено влияние "простых" траекторий загрузки /12,13/, зависимость от призмочной прочности бетона /14/, отдельно учтено действие растягивающих напряжений, арматуры и разрыхление арматурой берегов трещин /13/.

6. Предложена и проверена методика описания прочности дисков при догрузении после действия постоянных и малоцикловых длительных нагрузок, основанная на замене в общих зависимостях /10,11/ кратковременной прочности бетона R_b на соответствующую условию загрузки: длительную прочность $R_m(t_0) \cdot \eta_c$ согласно /15/, либо прочность при догрузении $R_m(\eta, t, t_0)$ /16,17/, или $R(\eta, i, T, n, T_0, p)$ /18,19/.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Яременко А.Ф., Коздоба И.Н. Прочность сжатого бетона при догрузении после длительного действия нагрузок различных уровней // Тезисы докладов на научно-практической конференции "Совершенствование методов расчета и проектирования современных видов строительных конструкций" - Ровно, 1988, - с. 116-117.

2. Коздоба И.Н. Влияние длительных и малоцикловых нагрузок на прочность и предельную деформативность тяжелого бетона // В сб. Резервы прочности бетонных и железобетонных конструкций. - К. УМК ВО, 1989, - с. 41-45.

3. Яременко А.Ф., Коздоба И.Н. Прочность железобетонных дисков с трещинами при действии длительных и малоцикловых нагрузок // Тезисы докладов на республиканской научно-технической конференции "Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику", - Полтава, 1989, - с. 196-197.

463700

ЛНБ ім. В. Стефанишин
АН України

АВ 28.213

Подп. к печати 22.09.93г. Формат 60x84 1/16.
Объем 0, Буч: изд. л. 0, 75п. л. Заказ № 1692. Тираж 100экз.
Горт-пография Одесского Управления по печати, цех №3.
Ленина 49.