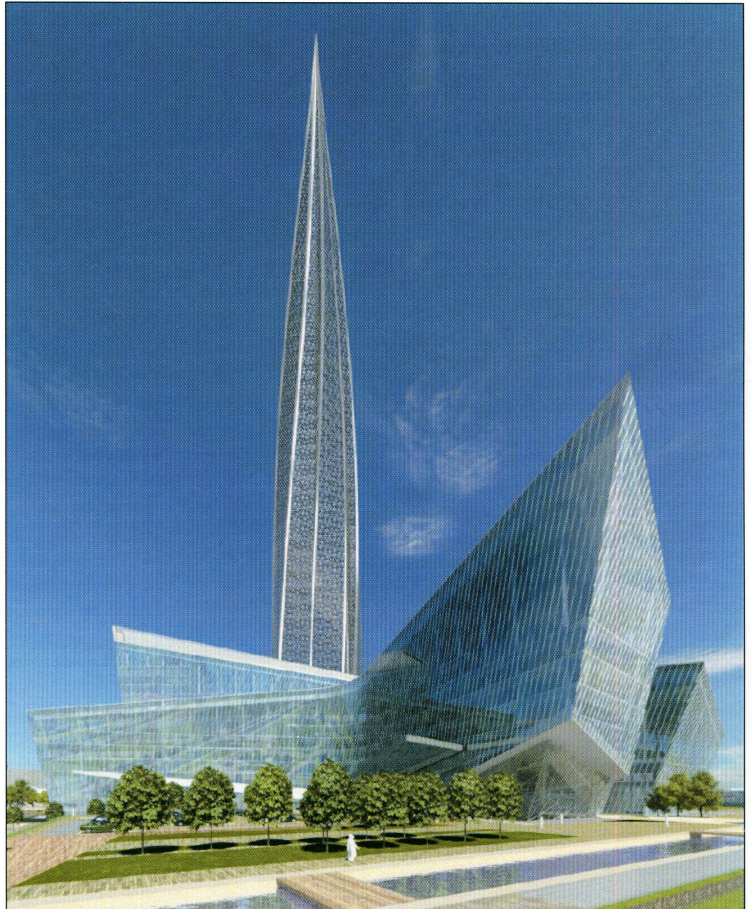


СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ

**НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

МИНИСТЕРСТВО
РЕГИОНАЛЬНОГО
РАЗВИТИЯ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ОАО
«НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»



6

2012

UDC 624.012.045. H.Z. Bashirov, A.A. Dorodnyh, V. I. Kolchunov, I.A. Yakovenko, N.V. Usenko. **Calculation of deformations of tensile concrete and fracture strength of reinforced concrete structures on sloping sections**

On the base of experimental researches authors considered construction of calculated process which describes formation and opening of inclined cracks in reinforced concrete structures at breach of hypothesis of continuity and renunciation of simplified approaches. Fan of inclined cracks adjoining to concentrated load and fan of possible inclined cracks adjoining to support was revealed as a result of analysis. Authors offered calculated model for estimation of deformations of tensile concrete for calculation of fracture strength of reinforced concrete structures on inclined sections.

Key words: inclined cracks, deformations of tensile concrete, discontinuity, fracture strength of reinforced concrete structures.

UDC 624-1 V.M. Bondarenko, V.I. Kolchunov, N.V. Klyueva, N.B. Androsova. **Some offers for development of theory of structural safety and survivability of statically indeterminate structural systems**

Authors consider some elements of a new concept for designing and maintenance of buildings and structures. The basis of the concept is modern model of safety of reality objects which is based on idea of structural safety of buildings and structures. The article includes some offers for development of theory of structural safety and survivability of structural systems at out-of-limit state.

Key words: structural safety, survivability criterion, out-of-limit state, safety of buildings and structures.

UDC 539.4. I.I. Ovchinnikov. **Modelling of deformation and destruction processes of metals taking into account decarbonization kinetics**

The paper presents two variants of a model of material deformation. The material is subjected to decarbonization during the contact with liquid metals used as heat-transfer agent in nuclear reactors. The method for identification of presented model from experimental data was developed. Identification was made and model coefficients were obtained with usage of special software package. The developed model can be used to predict behavior of structure elements which interact with liquid-metal environments.

Key words: modeling, creep, damages accumulation, decarbonization, identification.

UDC 624.073.012. A.V. Perelmuter, V.V. Yurchenko. **Calculation of spatial structures from thin-walled bars with open profile**

Authors check a hypothesis for calculation of structure composed from thin-walled bars with open profile with usage of seven nodal unknowns. The check comes to results analysis of test calculations of bar systems. Behavior of bar systems was simulated by means of creation of design model consisting of thin flat finite elements and model calculation using SCAD computer system.

Key words: thin-walled bar, deplanation, bimoment, numerical experiment, mean-square error.

UDC 539.3; 624.04. A.A. Treshchev, V.G. Telichko, D.A. Romashin. **Bend of rectangular plates made of orthotropic elastic and nonlinear material having different resistances**

Defining correlations for highly nonlinear materials were built. Mathematical model for estimation of mode of deformation of structures made of such materials was built. Model problem for cross bend of rectangular plate made of AVCO Mod 3a carbon was solved.

Key words: highly nonlinear materials, materials having different resistances, stress intensity, mode of deformation.

UDC 624.072.2. A.V. Tsareva, O.V. Bajdin, A. Ivanov, V.M. Bondarenko. **Some problems of dissipation of force resistance to deformation of exploited reinforced concrete**

Authors revealed some specific features of force resistance of reinforced concrete exploited in corrosive medium under loading and without loading taking into account anisotropy, nonlinearity, irreversibility of deformations and corrosion damages.

Key words: force resistance, dissipation, reinforced concrete, nonlinearity.

UDC 699.841.624.042.7. A.G. Tyapin. **Calculation of dynamical detachment of baseplate from foundation. Part I: simplified models**

The author suggests to use previously introduced platform model

of «building – foundation» system with usage of springs and dampers with time lag to calculate detachment of baseplate from foundation under seismic load. In first part of article author examines very simple models with detachment of plate from ground springs.

Key words: building – foundation interaction, dynamic stiffness, seismic reaction.

UDC K 624.046.5. V.S. Utkin, E.A. Shepelina. **Reliability calculation of beds foundations of multistory buildings with limited information**

The paper deals with problem of estimation of ground pressure of buildings and structures foundation during maintenance. The paper also presents method for calculation of reliability of bed foundation according to strength condition with description of random value in mathematical model of limiting state by means of the truncated interval law of probability distribution. This paper is oriented on scientific workers, specialists who are responsible for buildings and structures safety, postgraduate students and students who deal with construction.

Key words: buildings, structures, strength condition, limiting state.

UDC 539.3. Yu.V. Klochkov, A.P. Nikolaev, T.A. Kiseleva. **Calculation of arbitrary shells on the base of fem with usage of vectorial interpolation of displacement fields**

The paper describes algorithm for calculation of arbitrary shells in the form of ellipsoid and compensator on the base of FEM with usage of vectorial interpolation of displacement fields. Authors suggested new formulas for radius-vectors of middle surface of ellipsoid and compensator. Quadrangular curved finite element with eighteen degrees of freedom in a junction is used as an element of discretization. Verification of the developed algorithm was carried out and algorithm efficiency was shown on the examples of ellipsoid and compensator calculation.

Keywords: arbitrary shell, vectorial interpolation, quadrangular finite element, ellipsoid, compensator.

UDC 624.014. M.I. Farfel. **Ensuring of trouble-free maintenance of unique large-span shell of large athletic arena of «Luzhniki» Olympic stadium**

The paper is dedicated to monitoring of large-span shell of large athletic arena of «Luzhniki» Olympic complex in Moscow. The paper presents principles for organization of monitoring at stage of production, installation and maintenance. Shell installation was illustrated, problems and worst-case situations which was removed by means of monitoring system was revealed.

Keywords: large-span shell, monitoring, building stability to avalanche-type destruction, metal structures, columns, outboard support contour, inboard contour, radial beam, deformation gauge, mode of deformation.

UDC 69+624.014.2.04. I.I. Vedyakov, P.D. Odesskiy, M.I. Gukova, B.S. Tsetlin. **Actualized version of building regulations 2.03.06-85 «Aluminium structures» – building acts 128.13330.2012**

Keywords: aluminium alloys, aluminum, building structures, state of half-finished products, thermally non-hardenable, hardenable, bars, boards, profiles, calculated characteristics of materials and joints, stability, durability, coefficients, junctions, rods, designing, elements, columns, posts, farms, connections, beams, membranes.

UDC 624. 011. V.Z. Klimenko. **Stiffness analysis of wood structures and calculation of their durability according to deformed scheme**

Two different modulus of elasticity of wood is used in codes of design of wood structures in methods of calculation of durability according to deformed scheme and stiffness analysis. The idea of two modules of elasticity within the scope of elastic behavior of material has no explanation neither from physical nor from theoretical point of view.

Keywords: calculation according to deformed scheme, stiffness analysis.

UDC 624.011. K.P. Pyatikrestovskiy. **Problem of choice of modulus of elasticity for calculation of durability, stability and stiffness analysis of wood structures**

The paper was written in order of discussion of «Stiffness analysis of wood structures and calculation of their durability according to deformed scheme» article by V.Z. Klimenko. The article was published in our journal № 6, 2012.

Keywords: wood, modulus of elasticity, centrally tight bar.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1 января 1959 г.
Выходит один раз в два месяца

Учредитель: ОАО «НИЦ «Строительство»

МОСКВА. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

6⁽²⁴⁵⁾
2012

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
ВЕДЯКОВ И.И. проф., д.т.н.

АББАСОВ П.А.
чл. корр. РААСН, проф., д.т.н.

АЙЗЕНБЕРГ Я.М. проф., д.т.н.

АНДРЕЕВ В.И.
чл. корр. РААСН, проф., д.т.н.

БОНДАРЕНКО В.М.
акад. РААСН, проф., д.т.н.

ВАРДАНИЯ Г.С. проф., д.т.н.

ГОРОДЕЦКИЙ А.С.
акад. РААСН, проф., д.т.н.

ЕГОРЬЧЕВ О.О. проф., д.т.н.

ЕРЕМЕЕВ П.Г. проф., д.т.н.

ИГНАТЬЕВ В.А. проф., д.т.н.

ИЛЬЧЕВ В.А. акад. РААСН,
проф., д.т.н.

КАРПЕНКО Н.И.
акад. РААСН, проф., д.т.н.

КОЛЧУНОВ В.И.
акад. РААСН, проф., д.т.н.

КОСИЦЫН С.Б. проф., д.т.н.

КУРБАЦКИЙ Е.Н. проф., д.т.н.

ЛЯХОВИЧ Л.С.
акад. РААСН, проф., д.т.н.

МОНДРУС В.Л. проф., д.т.н.

НАЗАРОВ Ю.П. д.т.н.

НЕМЧИНОВ Ю.И. проф., д.т.н.

ОБОЗОВ В.И. проф., д.т.н.

ОДЕССКИЙ П.Д. проф., д.т.н.

ПЕТРУХИН В.П. проф., д.т.н.

ПЯТИКРЕСТОВСКИЙ К.П.
(отв. секретарь) д.т.н., с.н.с

РАЙЗЕР В.Д. проф., д.т.н.

РАСТОРГУЕВ Б.С. проф., д.т.н.

РЕКВАВА П.А. проф., д.т.н.

ТРАВУШ В.И. акад. РААСН, проф., д.т.н.

ХАЧИЯН Э.Е. проф., д.т.н.

ЧИРКОВ В.П. проф., д.т.н.

ШАПОШНИКОВ Н.Н.
чл. корр. РААСН, проф., д.т.н.

ШУГАЕВ В.В. проф., д.т.н.

Редактор выпуска *Пятикрестовский К.П.*
Корректор *Козлова М.В.*
Компьютерная верстка *Севастьянова М.Г.*

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ №ФС77-19167 от 27 декабря 2004 г.

Адрес редакции:

109428, Москва, ул. 2-я Институтская, д. 6, стр. 1
Тел.: 8-499-170-10-81; 8-499-174-79-93
E-mail: stroydex@list.ru, stroydexrs@gmail.com
www.stroy-mex.narod.ru

http://elibrary.ru/TITLE_ABOUT.ASP?ID=26727

Подписано в печать 05.12.2012. Формат 70×108 1/16
Бумага офсетная. Офсетная печать. Тираж 500 экз.
Заказ № 2244

Отпечатано в типографии
ФГУП «Издательство «Известия»
127994, Москва, Пушкинская пл., д. 5
Тел.: (495) 694-36-36, 694-30-20

Перепечатка материалов журнала
«Строительная механика и расчет сооружений»
допускается только с письменного разрешения редакции.
При цитировании ссылка обязательна.

Представленные заказчиками готовые формы рекламных материалов не подвергаются редакторской правке и печатаются в оригинале.

Х.З. БАШИРОВ¹, канд. техн. наук, А.А. ДОРОДНЫХ², инж.
Вл.И. КОЛЧУНОВ³, д-р техн. наук, проф. И.А. ЯКОВЕНКО³, канд. техн. наук,
Н.В. УСЕНКО³, инж.

(¹Московский институт инженеров транспорта, г. Москва, ²Юго-западный государственный университет, г. Курск, ³Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина)

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДЕФОРМАЦИЙ РАСТЯНУТОГО БЕТОНА ДЛЯ РАСЧЕТА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ

Опираясь на данные экспериментальных исследований, рассмотрено построение расчетного аппарата по образованию и раскрытию наклонных трещин в железобетонных конструкциях при нарушении гипотезы сплошности и отказе от упрощенных подходов. В результате анализа выявлены веер наклонных трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке и веер возможных наклонных трещин, прилегающих к опоре. Предложена расчетная схема к определению деформаций растянутого бетона для расчета трещиностойкости железобетонных конструкций по наклонным сечениям.

Ключевые слова: наклонные трещины, деформации растянутого бетона, нарушение сплошности, трещиностойкость железобетонных конструкций.

Опираясь на данные экспериментальных исследований, рассмотрено построение расчетного аппарата по образованию и раскрытию наклонных трещин в железобетонных конструкциях при нарушении гипотезы сплошности и отказе от упрощенных подходов. В результате анализа выявлены веер наклонных трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке и веер возможных наклонных трещин, прилегающих к опоре. Предложена расчетная схема к определению деформаций растянутого бетона для расчета трещиностойкости железобетонных конструкций по наклонным сечениям.

Задача построения расчетного аппарата по образованию и раскрытию наклонных трещин в железобетонных конструкциях весьма сложная уже потому, что основная гипотеза механики твердого деформируемого тела (гипотеза сплошности), здесь неприменима, — сплошность нарушается наличием макротрещин. Использование упрощенных подходов здесь также малоэффективно, так как допускаемая при этом погрешность превышает саму отыскиваемую характеристику $a_{ср}$.

Поэтому до настоящего времени задача не имеет удовлетворительного решения. Однако, несмотря на полярность мнений, найдены и точки их соприкосновения. Так, общепризнано, что расчетные зависимости должны иметь инженерно-обозримый вид, четкий физический смысл, позволяющий более эффективно и творчески использовать их в инженерной практике, которая требует решения далеко не тривиальных задач прикладного характера. С другой стороны, вряд ли следует прибегать к слишком категоричным формулировкам, например, при полном отрицании использования интегро-дифференциальных уравнений, приводящих, как правило, к инженерно-необозримым результатам. Это происходит лишь в случае формализованных приближенных решений таких уравнений. Здесь важно выйти на уровень их аналитической разрешимости, тогда могут быть получены строгие и весьма приемлемые решения.

Образование трещин в железобетоне приводит к нарушению его сплошности, поэтому использование здесь зависимостей механики твердого деформируемого тела вызывает целый ряд затруднений. Поэтому для успешного исследования напряженно-деформированного состояния в окрестностях трещин и анализа его влияния на прочность и жесткость железобетонных конструкций, наряду с привлечением исходных положений механики разрушения (активно развивающейся в последние годы применительно к железобетону), необходимо располагать четкой классификацией трещин, а также неискаженными результатами экспериментов.

В работе [1]* предложена классификация трещин, в соответствии с которой в железобетонных изгибаемых элементах в зависимости от внешних силовых воздействий образуются трещины трех типов:

1) нормальные к продольной оси элемента, пересекающие продольную и поперечную арматуру; образуются на участках, где $M \geq M_{ср}$, а $Q < Q_{ср}$;

* 1. Бондаренко В. М., Колчунов В. И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона: Монография. — М.: Издательство АСВ, 2004. — 472 с.

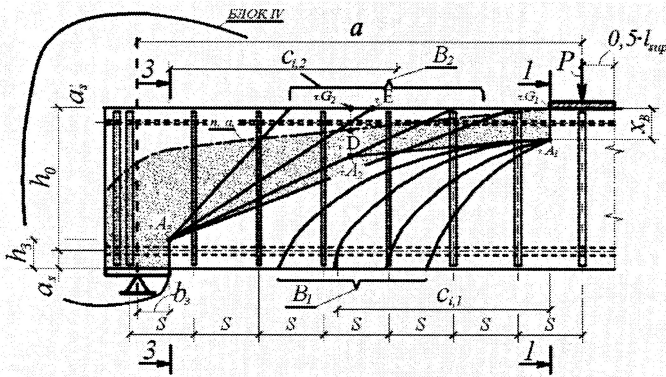


Рис. 1. К анализу припорных трещин и трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке: B_1 — веер наклонных трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке; B_2 — веер возможных наклонных трещин, прилегающих к опоре

2) наклонные к продольной оси элемента, пересекающие продольную и поперечную арматуру; образуются на участках, где $M > M_{срc}$ и $Q \geq Q_{срc}$;

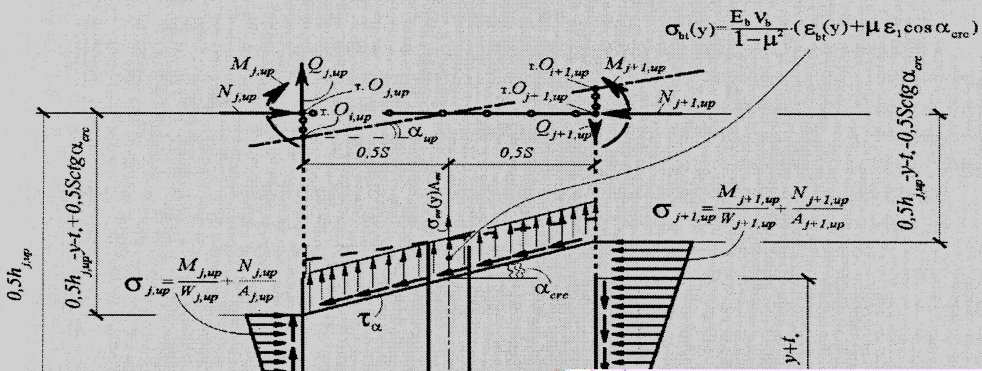
3) наклонные к продольной оси элемента, пересекающие поперечную арматуру, образуются на участках, где $M < M_{срc}$ и $Q > Q_{срc}$.

Здесь $M_{срc}$ и $Q_{срc}$ — изгибающий момент и поперечная сила, отвечающие исчерпанию сопротивления поперечных сечений, образованию трещин, соответственно нормальных (со стороны растянутой грани) и наклонных (на уровне нейтральной оси); M и Q — максимальные значения изгибающего момента и поперечной силы на рассматриваемом участке.

Данная классификация позволяет выявить условия образования трещин, выделить участки (по длине элемента), на которых возможно образование того или иного типа трещин, и вносит уточнения в постановку исследований и определение круга решаемых задач.

Анализ припорных трещин и трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке с выявлением веера наклонных трещин и веера возможных наклонных трещин (рис. 1), прилегающих к опоре, позволяет выявить расчетную схему для определения $\epsilon_{br}(x)$ в верхней зоне железобетонной конструкции (случай 1), приведенную на рис. 2.

Здесь главные растягивающие напряжения σ_3 и σ_1 определяются по обобщенному закону Гука применительно к железобетону из зависимости:



$$\sigma_3 = \frac{\sigma_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} = \frac{E_b \cdot \nu_b}{1 - \mu_b^2} (\epsilon_3 + \mu_b \epsilon_1), \quad (1)$$

где ϵ_1 и ϵ_3 – главные деформации растяжения, которые определяются по формулам:

$$\epsilon_3 = \frac{\epsilon_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}}, \quad (2)$$

$$\epsilon_1 = \frac{1}{E_b \cdot \nu_b} \cdot (\sigma_1 - \mu_b \sigma_3). \quad (3)$$

С другой стороны:

$$\sigma_1 = \sigma_x \cos^2 \alpha_{crc} + \sigma_y \sin^2 \alpha_{crc} + \tau_{xy} \cdot \sin 2\alpha_{crc}; \quad (4)$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} = \sigma_x \sin^2 \alpha_{crc} + \sigma_y \cos^2 \alpha_{crc} - \tau_{xy} \cdot \sin 2\alpha_{crc}. \quad (5)$$

Из зависимости (5) следует, что

$$\sigma_y = \sigma \left(\frac{\sigma_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} - \sigma_x \sin^2 \alpha_{crc} - \tau_{xy} \cdot \sin 2\alpha_{crc} \right) \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha_{crc}}. \quad (6)$$

Используя формулу механики твердого деформируемого тела для рассматриваемой зоны можно записать:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_x \cos^2 \alpha_{crc} + \sigma_y \sin^2 \alpha_{crc} + \tau_{xy} \cdot \sin 2\alpha_{crc} = \\ &= \sigma_x \cos^2 \alpha_{crc} + \left(\frac{\sigma_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} - \sigma_x \sin^2 \alpha_{crc} + \tau_{xy} \cdot \sin 2\alpha_{crc} \right) \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc} + \tau_{xy} \sin 2\alpha_{crc} \end{aligned}$$

или

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc} + \sigma_x (\cos^2 \alpha_{crc} - \sin^2 \alpha_{crc} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc}) + \tau_{xy} \cdot (\sin 2\alpha_{crc} \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc} + \sin 2\alpha_{crc}). \quad (7)$$

Из формулы (1) с учетом формулы (2) получим:

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} = \frac{E_b \cdot \nu_b}{1 - \mu_b^2} \left(\frac{\epsilon_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} + \mu_b \epsilon_1 \right) \Rightarrow \sigma_{bt}(y) = \frac{E_b \cdot \nu_b}{1 - \mu_b^2} (\epsilon_{bt}(y) + \mu_b \epsilon_1 \cos \alpha_{crc}). \quad (8)$$

Уместно заметить, что $\sigma_{bt}(y)$ может быть как напряжением растяжения, так и сжатия (в этом случае она подставляется в формулу с обратным знаком), в то же время $\epsilon_{bt}(y)$ является деформацией только растяжения. Например, в указанной зоне может возникнуть (с увеличением значения одного из сжимающих напряжений) оно достигается через коэффициент поперечной деформации μ_b . Анализ показывает, что применительно к рассматриваемой зоне, как правило, имеет место напряженное состояние «сжатие – растяжение».

Наклонные площадки, расположенные под углом α_{crc} практически перпендикулярны главным деформациям удлинения бетона по направлению которых и возникают наклонные трещины третьего типа. Применительно к принятой расчетной схеме (рис. 2 и рис. 1), угол α_{crc} определяет направление таких площадок в пределах проекции наклонной трещины ϵ_3 . Поэтому, для практических расчетов, значения сдвигающих напряжений τ_{xy} , лежащих на площадках, приближающихся к главным, могут быть приняты равными нулю.

Рассматривая напряжения $\sigma_{bt}(y)$ (а также напряжения, в середине наклонной площадки σ_x , σ_y и τ_{xy}), применительно к расчетной схеме, приведенной на рис. 2, коэффициент наполнения этих эпор, α , может быть принят равным единице, как среднее значение таких эпор, приближающихся к трапециевидным.

Составляя уравнения равновесия проекций всех сил на вертикальную ось $0y$ ($\sum Y = 0$), получим (см. рис. 2):

$$\sigma_{sw} A_{sw} - \sigma_{sw}(y) A_{sw} - \sigma_{bt}(y) A_{bt,w} - \tau_{j,up} \cdot b \cdot (y + l_* - 0,5S \operatorname{tg} \alpha_{crc}) + \tau_{j+1,up} \cdot b \cdot (y + l_* + 0,5S \operatorname{tg} \alpha_{crc}) = 0. \quad (9)$$

Подставляя (8) в (9) и усредняя касательные напряжения в сечениях, расположенных на расстояниях $0,5S$ слева и справа от жомута получим.

$$\sigma_{sw} A_{sw} - \sigma_{sw}(y) A_{sw} - \frac{E_b \cdot \nu_b \cdot S \cdot b}{(1 - \mu_b^2) \cos \alpha_{crc}} (\varepsilon_{bt}(y) + \mu_b \varepsilon_1 \cos \alpha_{crc}) - \frac{Q_{j,up}}{b \cdot h_{j,up}} \cdot b \cdot (y + t_* - 0,5Stg \alpha_{crc}) + \frac{Q_{j+1,up}}{b \cdot h_{j+1,up}} \cdot b \cdot (y + t_* + 0,5Stg \alpha_{crc}) = 0, \quad (10)$$

или

$$\sigma_{sw} A_{sw} - \sigma_{sw}(y) A_{sw} - \frac{E_b \cdot \nu_b \cdot S \cdot b \cdot \varepsilon_{bt}(y)}{(1 - \mu_b^2) \cos \alpha_{crc}} + \frac{E_b \cdot \nu_b \cdot S \cdot b}{(1 - \mu_b^2)} \mu_b \varepsilon_1 - \frac{Q_{j,up} \cdot y}{h_{j,up}} - \frac{Q_{j,up}}{h_{j,up}} \cdot (t_* - 0,5Stg \alpha_{crc}) + \frac{Q_{j+1,up}}{h_{j+1,up}} \cdot y + \frac{Q_{j+1,up}}{h_{j+1,up}} \cdot (t_* + 0,5Stg \alpha_{crc}) = 0. \quad (11)$$

Обозначим,

$$\frac{Q_{j+1,up}}{h_{j+1,up}} - \frac{Q_{j,up}}{h_{j,up}} = D_1, \quad (12)$$

$$\left(\frac{Q_{j+1,up}}{h_{j+1,up}} - \frac{Q_{j,up}}{h_{j,up}} \right) \cdot t_* + \left(\frac{Q_{j+1,up}}{h_{j+1,up}} + \frac{Q_{j,up}}{h_{j,up}} \right) \cdot 0,5Stg \alpha_{crc} = D_2. \quad (13)$$

Тогда, формула 12 принимает следующий вид:

$$\sigma_{sw} A_{sw} - \sigma_{sw}(y) A_{sw} - \frac{E_b \cdot \nu_b}{(1 - \mu_b^2)} \cdot \frac{S \cdot b}{\cos \alpha_{crc}} \cdot \varepsilon_{bt}(y) + \frac{\mu_b}{(1 - \mu_b^2)} \cdot E_b \cdot \nu_b \cdot S \cdot b \cdot \varepsilon_1 + D_1 \cdot y + D_2 = 0. \quad (14)$$

Располагая формулами (1) – (7), получим:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E_b \cdot \nu_b} \cdot \left[\frac{\sigma_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc} + \sigma_x (\cos^2 \alpha_{crc} - \sin^2 \alpha_{crc} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc}) + \tau_{xy} \cdot (\sin 2\alpha_{crc} \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc} + \sin 2\alpha_{crc}) - \mu_b \cdot \frac{\sigma_{bt}(y)}{\cos \alpha_{crc}} \right]. \quad (15)$$

Перед тем, как вставить выражение (15) в формулу (14), необходимо отыскать значения $\sigma_x(y)$ и τ_{xy} , от которых зависит ε_1 .

При этом, как уже было отмечено, σ_x и τ_{xy} усредняются в середине наклонной площадки, применительно к расчетной схеме, приведенной на рис. 2.

Тогда,

$$\sigma_x(y) = \frac{M_{j,up} + M_{j+1,up}}{2I_{m,up}} \cdot (0,5h_{m,up} - y - t_*) + \frac{N_{j,up} + N_{j+1,up}}{2 \cdot b \cdot h_{m,up}}, \quad (16)$$

$$\text{где } I_{m,up} = \frac{b \cdot h_{m,up}^3}{12}.$$

Высота $h_{m,up}$ в первом приближении определяется на основании геометрических характеристик блока IV (см. рис. 1).

При этом положение геометрической оси приопорной арки над наклонной трещиной определяется из следующих соображений. Положим точку K (рис. 1) у жомута на расстоянии h_k : $h_k = \frac{h - 2a_s}{2}$. Тогда, высота расположения точки K над нижней гранью железобетонно-конструкции будет равна $h_k + 2a_s$. Расположение точки L отыскивается по размерам второго основания клина, тогда как размеры первого основания клина принимаются равными x_b из решения задачи прочности для веера трещин B_1 или близок к $0,2h_0$, при этом угол наклона клина близок к 16° .

Обозначим,

$$\frac{M_{j,up} + M_{j+1,up}}{2I_{m,up}} = D_3, \quad (17)$$

$$\frac{M_{j,up} + M_{j+1,up}}{2I_{m,up}} \cdot (0,5h_{m,up} - t_*) + \frac{N_{j,up} + N_{j+1,up}}{2 \cdot b \cdot h_{m,up}} = D_4. \quad (18)$$

Тогда,

$$\sigma_{xx}(y) = -D_3 \cdot y + D_4. \quad (19)$$

$$\tau_{xy,m,up} = \frac{Q_{j,up} + Q_{j+1,up}}{2b \cdot h_{m,up}} = D_5. \quad (20)$$

Обозначим,

$$\frac{\operatorname{tg}^2 \alpha_{crc} - \mu_b}{\cos \alpha_{crc} \cdot E_b \cdot \nu_b} = D_6, \quad (21)$$

$$\frac{(\cos^2 \alpha_{crc} - \sin^2 \alpha_{crc} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc})}{E_b \cdot \nu_b} = D_7, \quad (22)$$

$$\frac{(\sin 2\alpha_{crc} \operatorname{tg}^2 \alpha_{crc} + \sin 2\alpha_{crc})}{E_b \cdot \nu_b} = D_8. \quad (23)$$

С учетом изложенного, подставляя (19) – (23) в (15) получим:

$$\varepsilon_1 = \sigma_{br}(y) \cdot D_6 - D_3 \cdot D_7 \cdot y + D_4 \cdot D_7 + D_5 \cdot D_8. \quad (24)$$

Подставляя (8) в (24), получим:

$$\varepsilon_1 = \frac{E_b \cdot \nu_b \cdot \varepsilon_{br}(y)}{1 - \mu_b^2} \cdot D_6 + \frac{\mu_b}{1 - \mu_b^2} E_b \cdot \nu_b \cdot \varepsilon_1 \cos \alpha_{crc} \cdot D_6 - D_3 \cdot D_7 \cdot y + D_4 \cdot D_7 + D_5 \cdot D_8. \quad (25)$$

$$\varepsilon_1 \left(1 - \frac{\mu_b}{1 - \mu_b^2} \cdot E_b \cdot \nu_b \cdot \cos \alpha_{crc} \cdot D_6 \right) = \frac{E_b \cdot \nu_b}{1 - \mu_b^2} \cdot D_6 \cdot \varepsilon_{br}(y) - D_3 \cdot D_7 \cdot y + D_4 \cdot D_7 + D_5 \cdot D_8. \quad (26)$$

Обозначим,

$$1 - \frac{\mu_b}{1 - \mu_b^2} \cdot E_b \cdot \nu_b \cdot \cos \alpha_{crc} \cdot D_6 = D_9, \quad (27)$$

$$\frac{E_b \cdot \nu_b}{1 - \mu_b^2} \cdot \frac{D_6}{D_9} = D_{10}, \quad (28)$$

$$D_3 \cdot D_7 \cdot \frac{1}{D_9} = D_{11}, \quad (29)$$

$$(D_4 \cdot D_7 + D_5 \cdot D_8) \cdot \frac{1}{D_9} = D_{12}. \quad (30)$$

Подставляя (27) – (30) в (26), будем иметь:

$$\varepsilon_1 = D_{10} \cdot \varepsilon_{br}(y) - D_{11} \cdot y + D_{12}. \quad (31)$$

Подставляя (31) в (14) получим:

$$\frac{\mu_b}{(1-\mu_b^2)} \cdot E_b \cdot v_b \cdot S \cdot b \cdot D_{12} + D_2 = D_{15}. \quad (35)$$

Подставляя (33) – (35) в (32), получим:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{br}(y) &= \sigma_{sw} A_{sw} \cdot \frac{1}{D_{13}} - \sigma_{sw}(y) A_{sw} \cdot \frac{1}{D_{13}} + \frac{D_{14}}{D_{13}} \cdot y + \frac{D_{15}}{D_{13}} = \\ &= \varepsilon_{sw} \cdot E_{sw} \cdot A_{sw} \cdot \frac{1}{D_{13}} - \varepsilon_{sw}(y) \cdot E_{sw} \cdot A_{sw} \cdot \frac{1}{D_{13}} + \frac{D_{14}}{D_{13}} \cdot y + \frac{D_{15}}{D_{13}} \end{aligned} \quad (36)$$

БЕЗОПАСНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ*

Рассматриваются элементы новой концепции проектирования и эксплуатации зданий и сооружений. В ее основу положена современная модель защиты объектов недвижимости, базирующаяся на понятии конструктивной безопасности зданий и сооружений. Даны некоторые предложения по развитию теории конструктивной безопасности и живучести конструктивных систем в запредельных состояниях.

Ключевые слова: конструктивная безопасность, критерий живучести, запредельное состояние, безопасность зданий и сооружений.

Активизация исследований в области конструктивной безопасности строительных конструкций способствовал ряд аварий и техногенных катастроф в России и во всем мире. Это свидетельствует о возросшей актуальности таких исследований и необходимости создания адаптивно приспособляемых конструкций зданий и сооружений для предупреждения опасных аварийных последствий [1–3].

В последние годы выполнен ряд исследований, связанных не только с проблемой *конструктивной безопасности* – как характеристики неразрушимости несущей системы при эксплуатации объекта недвижимости, но и с решением проблемы *живучести* – как характеристики сопротивляемости конструктивной системы прогрессирующему разрушению при внезапных запредельных воздействиях.

Традиционное решение задач конструктивной безопасности основывается на методе предельных состояний. При этом существует несколько подходов к решению проблемы противо-

* При финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (соглашение 14.В37.21.0292).

СОДЕРЖАНИЕ

Расчеты на прочность

Баширов Х.З., Дородных А.А., Колчунов В.И., Яковенко И.А., Усенко Н.В. К определению деформаций растянутого бетона для расчета трещиностойкости железобетонных конструкций по наклонным сечениям	2
Бондаренко В.М., Колчунов В.И., Клюева Н.В., Андросова Н.Б. Некоторые предложения к развитию теории конструктивной безопасности и живучести статически неопределимых конструктивных систем	7
Овчинников И.И. Моделирование процессов деформирования и разрушения металлов с учетом кинетики обезуглероживания	13
Перельмутер А.В., Юрченко В.В. О расчете пространственных конструкций из тонкостенных стержней открытого профиля	18
Трещев А.А., Теличко В.Г., Ромашин Д.А. Изгиб прямоугольных пластин из ортотропного нелинейно-упругого разносопротивляющегося материала	26
Царева А.В., Байдин О.В., Иванов А., Бондаренко В.М. Некоторые вопросы диссипации силового сопротивления деформированию эксплуатируемого железобетона	30

Динамические расчеты

Тяпин А.Г. Расчет динамического отрыва фундаментной плиты от основания. Часть I. Упрощенные модели	39
---	----

Расчеты на надежность

Уткин В.С., Шепелина Е.А. Расчет надежности оснований фундаментов многоэтажных зданий при ограниченной (неполной) информации о параметрах математической модели предельного состояния	47
--	----

Численные методы

Клочков Ю.В., Николаев А.П., Киселева Т.А. Расчет произвольных оболочек на основе МКЭ с использованием векторной интерполяции полей перемещений	51
--	----

Экспериментальные исследования

Фарфель М.И. Обеспечение безаварийной эксплуатации уникального большепролетного покрытия большой спортивной арены олимпийского стадиона «Лужники»	56
--	----

Нормирование

Ведяков И.И., Одесский П.Д., Гукова М.И., Цетлин Б.С. Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85 «Алюминиевые конструкции» — СП 128.13330.2012	62
Клименко В. З. Расчет деревянных конструкций по деформациям и на прочность по деформированной схеме	69
Пятикрестовский К.П. К вопросу о выборе модулей упругости при расчете деревянных конструкций на прочность, устойчивость и по деформациям	73

Памяти Анатолия Петровича Филина	80
Содержание журнала за 2012 г.	81

Список корреспондентских пунктов журнала СМ и РС

- | | |
|---|--|
| 1. Волгоград, ВолГАСУ | акад. РААСН, д-р техн. наук, проф., ректор В.А. Игнатьев |
| 2. Омск, СибАДИ | д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительной механики Г.М. Кадисов |
| 3. Орел, ОрелГТУ | акад. РААСН, д-р техн. наук, проф., директор АСИ ОрелГТУ В.И. Колчунов |
| 4. Пермь, ПГТУ | д-р техн. наук, зав. каф. строительной механики Г.Г. Кашеварова |
| 5. Ростов-на-Дону, РГСУ | д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительной механики Г.В. Васильков |
| 6. Тбилиси, ИСМиС им. К.С. Завриева, Грузия | д-р техн. наук, проф., чл.-корр. ИА Грузии, директор ИСМиС П.А. Реквава |

На обложке

Многофункциональный комплекс «Лахта центр», Санкт-Петербург.
Рекомендации по назначению расчетных снеговых, ветровых и гололедных нагрузок разработаны лабораторией надежности сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко