



Научно-технический журнал
Издается с 2003 года.
Выходит шесть раз в год.

№6 (38) 2011
(ноябрь-декабрь)

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)

Редакционный совет:

Голенков В.А. д.т.н., проф., председатель
Радченко С.Ю. д.т.н., проф.,
зам. председателя
Борзенков М.И. к.т.н., доц., секретарь
Астафичев П.А. д.ю.н., проф.
Иванова Т.Н. д.т.н., проф.
Киричек А.В. д.т.н., проф.
Колчунов В.И. д.т.н., проф.
Константинов И.С. д.т.н., проф.
Новиков А.Н. д.т.н., проф.
Попова Л.В. д.э.н., проф.
Степанов Ю.С. д.т.н., проф.

Главный редактор:

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

Заместители главного редактора:

Данилевич Д.В. к.т.н., доц.
Колесникова Т.Н. д. арх., проф.
Коробко В.И. д.т.н., проф.

Редколлегия:

Бондаренко В.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Гордон В.А. д.т.н., проф.
Карпенко Н.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Клюева Н.В. д.т.н., доц.
Коробко А.В. д.т.н., проф.
Король Е.А. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Меркулов С.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Ольгов Я.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Римшин В.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Сергейчук О.В. д.т.н., проф.
Серпик И.Н. д.т.н., проф.
Тур В.В. д.т.н., проф.
Турков А.В. д.т.н., проф.
Федоров В.С. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Чернышов Е.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Шах Р. д.т.н., проф.

Ответственный за выпуск:

Солопов С.В. к.т.н.

Адрес редакции:

302006, Россия, г. Орел,
ул. Московская, 77
Тел.: +7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: oantc@ostu.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе
по надзору в сфере связи и массовых ком-
муникаций. Свидетельство:
ПИ № ФС77-35718 от 24 марта 2009 г.

Подписной индекс **86294** по объединенному
каталогу «Пресса России»

© ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011

Содержание

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

- Колчунов В.И., Баширов Х.З., Яковенко И.А., Биджосян Г.К.** Сопротивление растянутого бетона между трещинами составных железобетонных конструкций с учетом новых эффектов..... 3
- Коробко А.В., Абашин Е.Г.** Определение модуля упругости бетона в железобетонных балках по результатам статических испытаний..... 12
- Колчунов В.И., Яковенко И.А.** Об использовании гипотезы плоских сечений в железобетоне..... 16
- Коробко В.И., Черняев А.А.** Определение максимального прогиба прямоугольных пластинок с комбинированными граничными условиями с использованием конформных радиусов..... 24
- Панфилов Д.А., Мурашкин В.Г.** Усовершенствованная методика расчета общих прогибов изгибаемых железобетонных элементов с учетом дискретного трещинообразования применительно к обычным и высокопрочным бетонам..... 30
- Турков А.В., Марфин К.В.** Точность результатов численных исследований квадратных составных изотропных пластин на податливых связях при различном количестве конечных элементов..... 43
- Федосов С.В., Мизонов В.Е., Порошин Н.Р., Елин Н.Н.** Ячеечная модель нелинейной теплопередачи через многослойную стенку..... 50

Безопасность зданий и сооружений

- Алоян Р.М., Гуюмджян П.П., Ветренко Т.Г., Костяшова Е.В.** Проведение инженерно-экологических изысканий для целей обеспечения радонобезопасности объектов строительства..... 57

Строительные материалы и технологии

- Кузьмин И.Б.** Теоретические основы технологии бетонирования монолитных конструкций пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями..... 64
- Мишина А.В.** Изменение физико-механических характеристик высокопрочного сталефибробетона во времени..... 70
- Стефаненко И.В., Ушаков А.В., Акчурин Т.К.** Результаты определения характеристик трещиностойкости жаростойкого бетона на фосфатном связующем... 75
- Христофоров А.И., Христофорова И.А., Кузьмин Д.И.** Мелкозернистый бетон, модифицированный смесью органических соединений Na⁺ и углеродных наноматериалов..... 79

Интеграция информационных и коммуникационных технологий в технических вузах России

- Колчунов В.И., Коськин А.В., Данилевич Д.В., Бухтиярова А.С.** Итоговая конференция проекта 145022 ТЕМПУС-2008-DE-JPCR в Госуниверситет – УНПК (г. Орел)..... 84

Журнал «Строительство и реконструкция» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора технических наук.



Scientific and technical journal
The journal is published since 2003.
The journal is published 6 times a year.

№6 (38) 2011
(November-December)

BUILDING AND RECONSTRUCTION

The founder – federal state budgetary educational institution of the higher vocational training
«State University – Educational-Science-Production Complex»
(State University ESPC)

Editorial council:

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.,
president

Radchenko S.Y. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president

Borzenkov M.I. Candidat Sc. Tech.,
Assistant Prof.

Astafichev P.A. Doc. Sc. Law., Prof.

Ivanova T.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Novikov A.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Popova L.V. Doc. Ec. Tech., Prof.

Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief assistants:

Danilevich D.V. Candidat Sc. Tech., Assis-
tant Prof.

Kolesnikova T.N. Doc. Arc., Prof.

Korobko V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editorial committee

Bondarenko V.M. Doc. Sc. Tech., Prof.

Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Karpenko N.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kljueva N.V. Doc. Sc. Tech., Assistant Prof.

Korobko A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Korol E.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Merkulov C.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Olkov Y.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Rimshin V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Sergeychuk O.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Serpik I.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Tur V.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Turkov A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Fyodorov V.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Chernyshov E.M. Doc. Sc. Tech., Prof.

Schach R. Doc. Sc. Tech., Prof.

Responsible for edition:

Solopov S.V. Candidat Sc. Tech

The edition address: 302006, Orel,

Street Moscow, 77

+7 (4862) 73-43-49

www.gu-unpk.ru

E-mail: oante@ostu.ru

Journal is registered in Federal service on su-
pervision in sphere of communication and
mass communications

The certificate of registration:

ПН № ФС77-35718 from 24.03.09

Index on the catalogue of the «**Pressa Rossii**»
86294

© State University ESPC, 2011

Contents

Theory of engineering structures.

Building units

Kolchunov V.I., Bashirov H.Z., Yakovenko I.A., Bidzhosyan G.K. The strength of concrete in tension zone between the cracks of composite reinforced concrete structures considering new effects.....	3
Korobko A.V., Abashin E.G. Definition of the concrete elasticity module in reinforced concrete beams by the static tests results.....	12
Kolchunov V.I., Yakovenko I.A. About use of a hypothesis of flat sections in ferro-concrete.....	16
Korobko V.I., Chernyaev A.A. The definition of the maximal deflection of rectangular plates with combined boundary conditions with use of the relation of conformal radiuses...	24
Panfilov D.A., Murashkin V.G. Improved method of calculation deflections flexural reinforced concrete members with discrete treatment of cracking the case of conventional and high-strength concrete.....	30
Turkov A.V., Marfin K.V. Deflection and natural frequency compositesquare isotropic plates with various boundary conditions for change stiffness shear.....	43
Fedosov S.V., Mizonov V.E., Poroshin N.R., Yelin N.N. A cell model of non-linear heat transfer through a composite wall.....	50

Building and structure safety

Alojan R.M., Gujumdzhan P.P., Vetrenko T.G., Kostjashova E.V. Carrying out of engineering-ecological researches for objectives for maintenance of radonosafety objects of construction.....	57
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Construction materials and technologies

Kuzmin I.B. Theoretical basis technology of concreting of monolithic constructions by mixes warmed up by steam in auto concrete mixers.....	64
Mishina A.V. Change in the physical and mechanical properties of high-strength steel fibro concrete in the course of time.....	70
Stefanenko I.V., Ushakov A.V., Akchurin T.K. The results of determining crash-resisting characteristics of thermo-resisting phosphate concrete.....	75
Khristoforov A.I., Khristoforova I.A., Kuzmin D.I. Fine-grained concrete, modified by the mix of organic connections Na+ and carbon nanomaterials.....	79

Integration of information and communication technologies in the technical universities of Russia

Kolchunov V.I., Koskin A.B., Danilevich D.V., Buhtijarova A.S. The final conference of the project 145 022 TEMPUS-2008-DE-JPCR in State University – Education-Science-Production Complex (Orel).....	84
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

КОЛЧУНОВ В.И., ЯКОВЕНКО И.А.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИПОТЕЗЫ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ

Авторы отказываются от использования гипотезы плоских сечений даже применительно к средним деформациям бетона и арматуры при построении расчета железобетонных конструкций. Глубокий анализ деформированного состояния железобетонных конструкций показывает, что здесь наиболее приемлема модель составного стержня. С этой позиции в статье определены необходимые расчетные параметры поперечного сечения внецентренно сжатой железобетонной конструкции при принятой эпюре средних деформаций бетона и арматуры в поперечном сечении с учетом средних условных сосредоточенных взаимных смещений бетона и арматуры.

Ключевые слова: железобетонная конструкция, трещина, гипотеза плоских сечений.

После появления трещин в стержневой железобетонной конструкции, кроме геометрической оси, различаются еще две нейтральные оси: одна физическая – в виде волнистой линии – из-за наличия трещин, и вторая – в виде кривой, усредняющей эту волнистую линию и учитывающую интегральную картину трещин в зависимости от схемы нагружения.

Ввиду сложности возникающего при этом напряженно-деформированного состояния в теории железобетона, предложенной В.И. Мурашевым [1], и развитой многими его последователями, гипотеза плоских сечений используется лишь для средних деформаций сжатого бетона и растянутой рабочей арматуры. Однако, как показали экспериментальные исследования, и в первую очередь опыты Я.М. Немировского [2], основной параметр железобетона ψ_s , посредством которого усредняются деформации растянутой арматуры, не согласуется с опытными значениями. При этом Я.М. Немировский пытался уравновесить появляющуюся неувязку в условиях равновесия с помощью учета работы растянутого бетона над трещиной, что ввиду незначительности такой добавки и с современных позиций теории железобетона [3], конечно же, не выдерживает никакой критики. Основная ошибка была в том, что в теории В.И. Мурашева не был вскрыт деформационный эффект [4], возникающий в железобетонной конструкции после появления трещин, и основной параметр железобетона ψ_s отыскивался неверно.

Второй серьезной ошибкой теории железобетона В.И. Мурашева, на что в свое время указывал А.А. Гвоздев [5], явилось принятие гипотезы плоских сечений даже для средних значений деформаций бетона и арматуры. Однако замечания А.А. Гвоздева были лишь чисто интуитивными, так как при разработке им строительных норм ничего другого взамен этой гипотезы предложено не было. Хотя в последних нормах вместо использования гипотезы плоских сечений и была предложена эмпирическая зависимость между напряжениями в рабочей арматуре и относительной высотой сжатого бетона, однако, как это показано в работе [6], эта гиперболическая зависимость теоретически выводится опять-таки с использованием гипотезы плоских сечений.

Ниже приводится обоснование возможности использования новой деформационной зависимости, базирующейся на рассмотрении обычной железобетонной конструкции с позиции теории составных стержней. При этом бетонный элемент и рабочая арматура, соединенные для совместной работы в железобетоне, рассматриваются как стержни составной конструкции. В пользу этой модели говорит тот факт, что деформативные характеристики бетона и арматуры существенно разные, что, конечно же, должно сказаться на их совместной работе с проявлением особенностей в зоне, расположенной вдоль арматурного стержня, обеспечивающей сцепление с окружающим бетоном.

Для простоты рассуждений рассмотрим железобетонную конструкцию прямоугольного поперечного сечения с рабочей растянутой арматурой (рис. 1, а). Здесь участок I расположен в

зоне поперечного изгиба, где кроме изгибающего момента действует поперечная сила и ее составляющие касательные напряжения при совместных деформациях бетона и арматуры. На участке II, расположенном в зоне чистого изгиба, тем не менее, присутствуют касательные напряжения при учете несовместности деформаций бетона и арматуры, зона их распространения может выходить за зону поперечного изгиба. Значения этих касательных напряжений может быть определено на основе теории составных стержней А.Р. Ржаницына [7] в зависимости от схемы нагружения. При этом для раскрытия статической неопределенности системы, состоящей из бетонного и арматурного стержней, связанных продольным швом, используется метод сил, выбрав в качестве основной системы составной стержень, лишенный связей сдвига, действие которых заменим функциональными неизвестными $\tau(z)$.

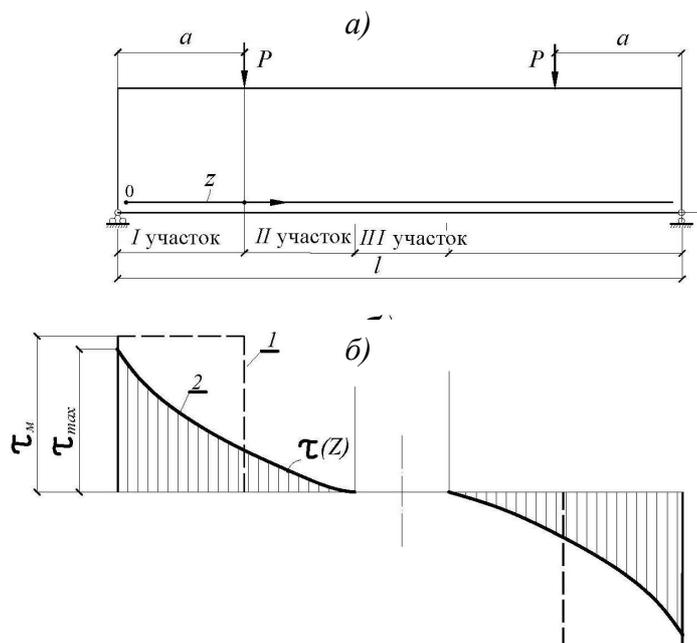


Рисунок 1 – Статическая схема железобетонной конструкции как составного стержня (а) и эпюры касательных напряжений вдоль поверхности шва (б):
1 – при совместных деформациях бетона и арматуры (или разных бетонов) на уровне шва;
2 – при учете их несовместности

На участке III, также расположенном в зоне чистого изгиба, за зоной касательных напряжений А.Р. Ржаницына после появления трещин имеют место касательные напряжения сцепления (на рис. 1 не показаны), обусловленные относительными взаимными смещениями арматуры и бетона $\varepsilon_q(z)$ на поверхности сцепления (в шве), из-за которых происходит раскрытие трещин в железобетонной конструкции.

Связь $\tau_q - \varepsilon_q$ может быть принята в виде [8]:

$$\tau_q = \varepsilon_q G, \quad (1)$$

где G – условный модуль сдвига.

Зависимость (1) подтверждена целым рядом экспериментов [8 и др.]. Эксперименты показывают, что численные значения G на контакте бетона и арматуры близки к $0,3 \dots 0,4 E_b$ [8 и др.], что несколько меньше значения модуля сдвига бетона G , принятом в нормах. Что касается его численных значений на контакте с арматурой, то здесь, безусловно, еще необходимы дополнительные экспериментальные исследования. Если проанализировать физическую природу сил сцепления, то становится ясным, что они связаны со сдвигающими усилиями. Другое дело, что эти усилия вызываются не привычными поперечными силами Q , а обусловлены местным напряженно-деформированным состоянием (НДС) бетонного слоя, прилегающего к поверхности сцепления, и могут возникать в том числе и в зоне чистого изгиба, где $Q=0$. Эти

усилия проявляются в составном стержне, в том числе и на участках, где $Q=0$. Однако, согласно предпосылкам теории составных стержней, толщина этого бетонного слоя (шва) принимается равной нулю, что не мешает решению задачи в интегральном виде в стиле сопротивления материалов. Если же перейти на уровень предпосылок теории упругости (пластичности), то можно заметить, что для пограничного слоя бетона, прилегающего к поверхности сцепления, также характерно напряженно-деформированное состояние с преобладанием сдвига.

Действительно, зависимость:

$$\tau_b = \gamma_b \cdot G_b, \quad (2)$$

для бетона аналогична зависимости (1).

Таким образом, γ_b аналогично ε_q . Теперь, если проанализировать деформированное состояние в рассматриваемой зоне на элементарном участке единичной длины (рис. 2), то в соответствии с физическим смыслом параметров γ и ε_q можно записать, что:

$$k_i (\gamma_{b,1} - \gamma_{b,2}) \cdot 1 = (\varepsilon_{b,1} - \varepsilon_{b,2}) \cdot 1, \quad (3)$$

где k_i – коэффициент пропорциональности, учитывающий влияние полного тензора деформаций на деформации сдвига в направлении продольной оси составного стержня (так как чистого сдвига в этом направлении здесь не наблюдается); учитывая, что $\varepsilon_{b,1}$ и $\varepsilon_{b,2}$ имеют разные знаки (см. рис. 2), в формуле (3) они суммируются. Более того, для рассматриваемой задачи значения параметров $\varepsilon_{b,2}$ и $\gamma_{b,2}$, относящихся к арматурному стержню, ввиду их малости можно положить равными нулю.

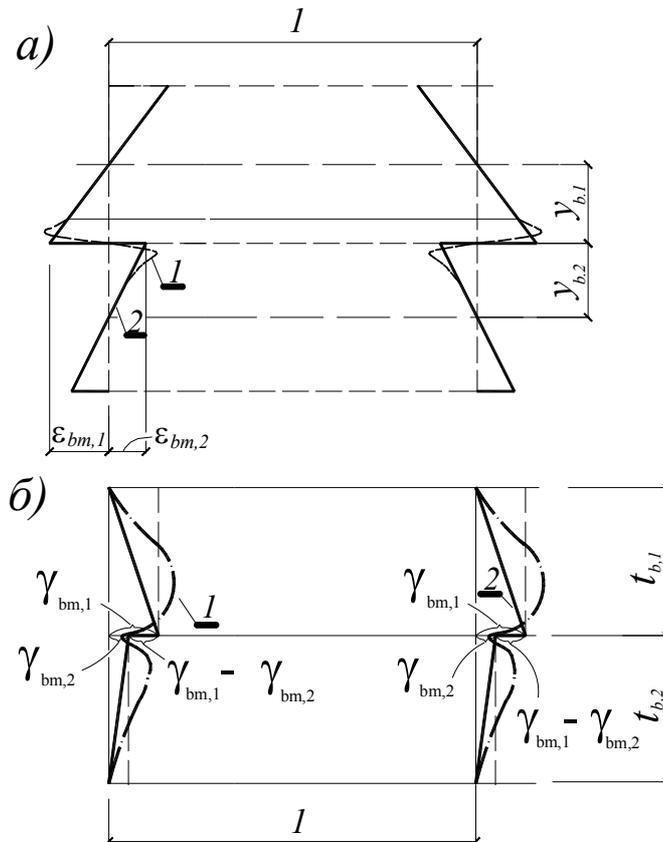


Рисунок 2 – Деформирование железобетонного элемента в окрестности пограничного слоя t_b : а – при несовместных сосредоточенных средних линейных деформациях бетона и арматуры (или разных бетонов), прилегающих к шву; б – средние сдвиговые деформации бетона и арматуры (или разных бетонов), в зонах, прилегающих к поверхности шва 1 и 2 – действительные и средние деформации соответственно

Учитывая то обстоятельство, что равенство (3) справедливо и для средних условных деформаций сдвига, накапливаемых в местных зонах $t_{b,1}$ и $t_{b,2}$, прилегающих к шву (см. рис. 2, б), а также для средних сосредоточенных относительных взаимных смещений ε_{qm} , и вводя средний коэффициент пропорциональности $k_{i,m}$, учитывающий влияние полного тензора деформаций на деформации сдвига в направлении продольной оси составного стержня, накапливаемые в зоне, прилегающей к шву, получим:

$$k_{i,m} \gamma_{b,m} = \varepsilon_{qm} . \quad (4)$$

С учетом проведенного анализа [9] сформулируем следующую рабочую предпосылку о сосредоточенной податливости шва, достаточно общую для решения задачи расчета составных железобетонных стержней:

- разность средних условных сосредоточенных относительных линейных деформаций бетона и арматуры (или разных бетонов) ε_{qm} , возникающих в произвольной точке шва, пропорциональна разности средних угловых деформаций $\gamma_{b,m}$ на уровне шва в направлении продольной оси составного стержня, которые накапливаются и усредняются в пределах местных зон, прилегающих к шву между смежными трещинами. Тогда:

$$\tau_q = \gamma_{b,m} k_{i,m} \xi_m = \varepsilon_{qm} \xi_m , \quad (5)$$

где ξ_m – условный модуль сдвига, усредненный в единичной зоне сдвига, прилегающей к шву.

При учете физической нелинейности этот модуль может быть переменным по длине шва. В пределах зоны, расположенной между соседними трещинами, где, согласно современной теории железобетона [3] целесообразно рассматривать усредненные характеристики представительного объема бетона, вполне логично использовать среднее значение условного модуля сдвига $\xi_{m,cre}$.

Средние относительные взаимные смещения на поверхности сцепления (в шве) между соседними трещинами $\varepsilon_{q,sm}$ определяются по специальной методике, рассмотренной в работе [8]. Методика базируется на гипотезе деформационного эффекта, возникающего в железобетонной конструкции после нарушения сплошности бетона. После возникновения макротрещин в железобетонной конструкции гипотеза сплошности, принятая в механике твердого деформируемого тела, нарушается. Напряженно-деформированное состояние в окрестности трещины подчиняется уже законам механики разрушения. При этом лавинообразное развитие деформаций в окрестности трещины сдерживается рабочей арматурой, в ней возникают реактивные сдерживающие усилия; в результате берега трещины раскрываются не по треугольному профилю (как это имело бы место в случае отсутствия таких реакций), а имеют более сложный характер с максимальным раскрытием трещины не на уровне оси рабочей арматуры, а на некотором удалении в направлении к вершине трещины.

Гипотеза деформационного эффекта в сочетании с гипотезой Томаса – Гольшева о ширине раскрытия трещин в виде накопления относительных взаимных смещений деформаций арматуры и бетона на участке между смежными трещинами, позволяют определить относительные взаимные смещения на поверхности сцепления $\varepsilon_{q,s}(z)$ с точностью вполне приемлемой для практических расчетов. Например, применительно к внецентренно сжатой железобетонной конструкции в ее средней зоне будем иметь картину трещин, приведенную на рисунке 3.

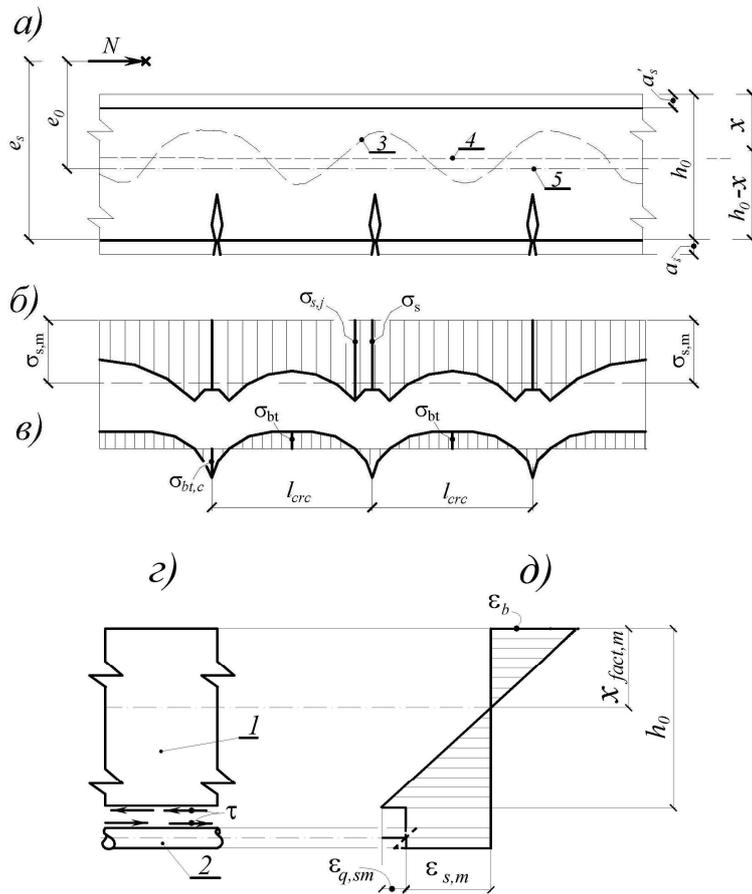


Рисунок 3 – Картина трещин в средней зоне внецентрично сжатой железобетонной конструкции (а), эпюры деформаций арматуры (б) и бетона (в) на уровне оси растянутой арматуры, фрагмент железобетонной конструкции как составного стержня (г) и эпюра средних деформаций бетона и арматуры (д) в поперечном сечении составного стержня при учете средних условных сосредоточенных взаимных смещений бетона и арматуры

$\epsilon_{q,sm}$; 1 – бетонный стержень; 2 – арматурный стержень

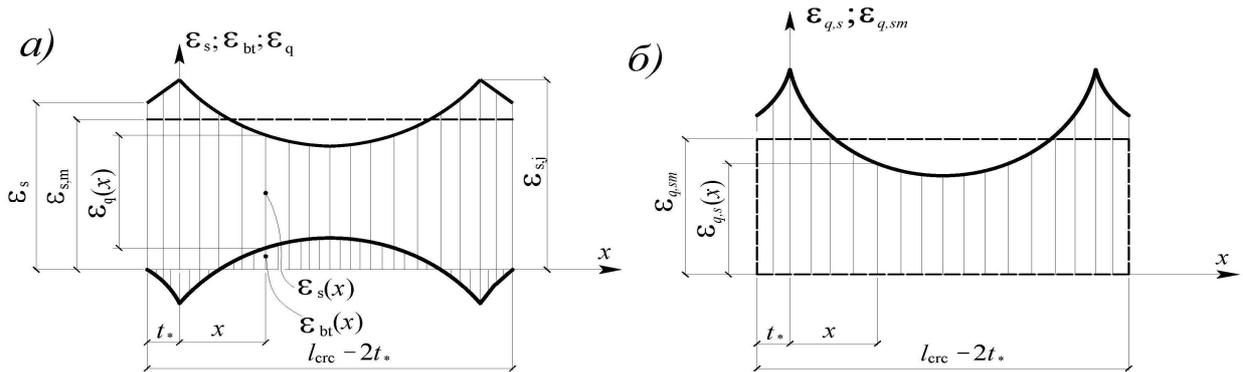


Рисунок 4 – К усреднению деформаций арматуры (а) и условных сосредоточенных взаимных смещений бетона и арматуры $\epsilon_{q,sm}$ (б) между смежными трещинами

Здесь же приведен фрагмент железобетонной конструкции в виде модели составного стержня и эпюра средних деформаций бетона и арматуры в поперечном сечении составного стержня при учете средних условных сосредоточенных взаимных смещений бетона и арматуры $\epsilon_{q,sm}$. Из рисунка 4 становится ясным как выполняется усреднение деформаций арматуры ϵ_{sm} и условных сосредоточенных взаимных смещений бетона и арматуры $\epsilon_{q,sm}$ между смежными трещинами. При этом [8]:

$$\varepsilon_s(x) = \left(\varepsilon_s + \frac{\Delta T}{E_s A_s} + \frac{\sigma_{bt,c}}{\nu_b E_b} - \frac{\delta \cdot Q}{t \cdot B} \right) e^{-Bx} - \frac{\delta \cdot Q}{t \cdot B}, \quad (6)$$

$$\varepsilon_s(x) = \varepsilon_s + \frac{\Delta T}{E_s A_s} - \frac{S_s G k_r}{E_s A_s} \left[\frac{B_3}{B} (1 - e^{-Bx}) + \frac{\delta Q}{t \cdot B} x \right], \quad (7)$$

где B , B_3 , S_s – параметры сцепления.

Выполняя соответствующее интегрирование выражений (6) и (7), несложно получить формулы для определения $\varepsilon_{q,sm}$ и ε_{sm} . Заметим, что при несовместных деформациях бетона и арматуры на первом и втором участках (рис. 1) к средним относительным взаимным смещениям на поверхности сцепления (в шве) между соседними трещинами $\varepsilon_{q,sm}$ следует добавить также деформации сосредоточенного сдвига, определяемые в соответствии с теорией составных стержней [7].

Теперь, располагая этими средними параметрами, представляется возможным определить все необходимые расчетные параметры поперечного сечения (x , σ_s , σ_b) внецентренно сжатой железобетонной конструкции при принятой эпюре средних деформаций бетона и арматуры в поперечном сечении составного стержня с учетом средних условных сосредоточенных взаимных смещений бетона и арматуры (рис. 5).

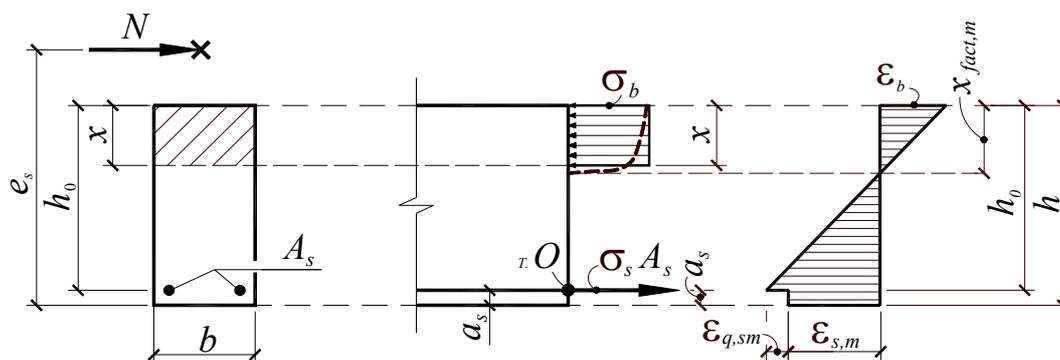


Рисунок 5 – К определению x , σ_s , σ_b во внецентренно сжатых железобетонных конструкциях при принятой гипотезе средних деформаций бетона и арматуры в поперечном сечении составного стержня с учетом средних условных сосредоточенных взаимных смещений бетона и арматуры

Неизвестные x ; σ_b ; σ_s находятся из следующих уравнений.

Высота сжатой зоны бетона x определяется из уравнений равновесия суммы проекций всех сил на ось X ($\sum X = 0$):

$$\begin{aligned} \sigma_b \cdot b \cdot x - \sigma_s A_s - N &= 0; \\ x &= \frac{\sigma_s A_s + N}{\sigma_b \cdot b}. \end{aligned} \quad (8)$$

Напряжение в бетоне сжатой зоны определяется из уравнения равновесия моментов всех сил, действующих в поперечном сечении относительно точки O ($\sum M_o = 0$):

$$\begin{aligned} \sigma_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) - N \cdot e &= 0; \\ \sigma_b &= \frac{N \cdot e}{b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Из гипотезы плоских сечений с учетом средних условных сосредоточенных взаимных смещений бетона и арматуры (см. рис. 5) отыскиваются напряжения в растянутой арматуре σ_s в сечении с трещиной:

$$\frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{s,m} + \varepsilon_{q,sm}} = \frac{x_{fact,m}}{h_0 - x_{fact,m}}; \quad (10)$$

$$\frac{\frac{\sigma_b}{E_b \cdot \nu_b}}{\frac{(\sigma_s - \sigma_0) \cdot \psi_s}{E_s} + \varepsilon_{q,s} \cdot \psi_q} = \frac{x_{fact,m}}{h_0 - x_{fact,m}}.$$

После алгебраических преобразований получим:

$$\sigma_s = \frac{\sigma_b \cdot E_s \cdot (h_0 - x_{fact,m}) + x_{fact,m} \cdot \sigma_0 \cdot \psi_s \cdot E_b \cdot \nu_b - x_{fact,m} \cdot \varepsilon_{q,s} \cdot \psi_q \cdot E_s \cdot E_b \cdot \nu_b}{x_{fact,m} \cdot E_b \cdot \nu_b \cdot \psi_s} \leq R_s. \quad (11)$$

Алгоритм расчета сводится к следующему: на первом шаге принимаем $x_{fact,m} = 0,5h_0$ и находим $x = x_{fact,m} \cdot \omega_0$; по формуле (9) находим σ_b ; затем по формуле (11) определяется σ_s с учетом соответствующего ограничения; после этого по формуле (8) определяется высота сжатой зоны x ; в итоге предоставляется возможным сравнить заданное и вычисленное значение x и с учетом этих сравнений перейти к следующему шагу итераций; таким образом, итерационный процесс продолжается до требуемой точности вычислений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мурашев, В.И. Трещиностойкость, жесткость и прочность железобетона [Текст] / Василий Иванович Мурашев. – М.: Машстройиздат, 1950. – 286 с.
2. Немировский, Я.М. Влияние работы растянутой и сжатой зон бетона на деформации обычных изгибаемых железобетонных элементов после возникновения в них трещин [Текст] / Я.М. Немировский, О.И. Кочетков // Особенности деформации бетона и железобетона и использование ЭВМ для оценки их влияния на поведение конструкций / Под ред. А.А. Гвоздева, С.М. Крылова. – М.: Стройиздат, 1969. – С. 106-156.
3. Гольшев, А.Б. Сопротивление железобетона: монография [Текст] / А.Б. Гольшев, В.И. Колчунов. – К.: Основа, 2009. – 432 с.
4. Бондаренко, В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона: монография [Текст] / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. – М.: АСВ, 2004. – 472 с.
5. Гвоздев, А.А. Состояние и задачи исследования сцепления арматуры с бетоном [Текст] / Алексей Алексеевич Гвоздев // Бетон и железобетон. – 1968. – №12. – С. 1-4.
6. Залесов, А.С. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям [Текст] / А.С. Залесов, Э.Н. Кодыш, Л.Л. Лемыш, И.К. Никитин. – М.: Стройиздат, 1988. – 320 с.
7. Ржаницын, А.Р. Составные стержни и пластинки [Текст] / Алексей Руфович Ржаницын. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.
8. Колчунов, В.И. Разработка двухконсольного элемента механики разрушения для расчета ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций [Текст] / В.И. Колчунов, И.А. Яковенко // Вестник гражданских инженеров. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ. – 2009. – №4(21). – С. 160-163.
9. Колчунов, В.И. Напряженно-деформированное состояние железобетонных конструкций составного сечения до появления трещин [Текст] / В.И. Колчунов, С.И. Горностаев // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – Орел: ОрелГТУ. – 2008. – №1. – С. 15-21.

Колчунов Владимир Иванович

Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина
 Доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий строительства
 Тел.: +38 (067) 208-78-54
 E-mail: vikalchunov@mail.ru

Яковенко Игорь Анатольевич

Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина
 Кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерных технологий строительства
 Тел.: +38 (067) 440-19-39
 E-mail: i2103@ukr.net

KOLCHUNOV VL.I., YAKOVENKO I.A.

ABOUT USE OF A HYPOTHESIS OF FLAT SECTIONS IN FERRO-CONCRETE

The authors reject the flat cross-section hypothesis even for the average strain of concrete and rebar in the development of calculation of reinforced concrete structures. The analysis of strain state of reinforced concrete structures shows that the model of composite rod is most appropriate for the calculation. Considering that, the paper presents some determined necessary parameters of the cross-section of an eccentric-compressed reinforced concrete structure with the assumed diagram of average strain of concrete and reinforcement in the cross section, taking into account conventional mutual displacements of concrete and reinforcement.

Keywords: *ferro-concrete design, crack, hypothesis of flat sections.*

BIBLIOGRAPHY

1. Murashev, V.I. Trewinostojkost', zhestkost' i prochnost' zhelezobetona [Tekst] / Vasilij Ivanovich Murshev. – M.: Mashstrojizdat, 1950. – 286 s.
2. Nemirovskij, Ja.M. Vlijanie raboty rastjanutoj i szhatoj zon betona na deformacii obychnyh izgibaemyh zhelezobetonnyh jelementov posle vozniknovenija v nih trewin [Tekst] / Ja.M. Nemirovskij, O.I. Kochetkov // Osobnosti deformacii betona i zhelezobetona i ispol'zovanie JeVM dlja ocenki ih vlijanija na povedenie konstrukcij / Pod red. A.A. Gvozdeva, S.M. Krylova. – M.: Strojizdat, 1969. – S. 106-156.
3. Golyshev, A.B. Soprotivlenie zhelezobetona: monografija [Tekst] / A.B. Golyshev, V.I. Kolchunov. – K.: Osnova, 2009. – 432 s.
4. Bondarenko, V.M. Raschetnye modeli silovogo soprotivlenija zhelezobetona: monografija [Tekst] / V.M. Bon-darenko, V.I. Kolchunov. – M.: ASV, 2004. – 472 c.
5. Gvozdev, A.A. Sostojanie i zadachi issledovanija sčeplenija armatury s betonom [Tekst] / Aleksej Alekseevich Gvozdev // Beton i zhelezobeton. – 1968. – №12. – S.1-4.
6. Zalesov, A.S. Raschet zhelezobetonnyh konstrukcij po prochnosti, trewinostojkosti i deformacijam [Tekst] / A.S. Zalesov, Je.N. Kodysh, L.L. Lemysh, I.K. Nikitin. – M.: Strojizdat, 1988. – 320 s.
7. Rzhanicyn, A.R. Sostavnye sterzhni i plastinki [Tekst] / Aleksej Rufovich Rzhanicyn. – M.: Stroiizdat, 1986. – 316 s.
8. Kolchunov, V.I. Razrabotka dvuhkonsol'nogo jelementa mehaniki razrushenija dlja rascheta shiriny raskrytija trewin zhelezobetonnyh konstrukcij [Tekst] / V.I. Kolchunov, I.A. Jakovenko // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. – Sankt-Peterburg: SPbGASU. – 2009. – №4(21). – S. 160-163.
9. Kolchunov, V.I. Naprjazhenno-deformirovanoe sostojanie zhelezobetonnyh konstrukcij sostavnogo sechenija do pojavlenija trewin [Tekst] / V.I. Kolchunov, S.I. Gornostaev // Izvestija OrelGTU. Serija «Stroitel'stvo. Transport». – Orel: OrelGTU. – 2008. – №1. – S. 15-21.

Kolchunov Vladimir Ivanovich

National aviation university, Kiev, Ukraine

Doctor of technical sciences, professor of computer technology building department

Ph.: +38 (067) 208-78-54

E-mail: vikalchunov@mail.ru

Yakovenko Igor Anatolievich

National Aviation University, Kiev, Ukraine

Candidate of technical sciences, senior lecturer of computer technology building department

Ph.: +38 (067) 440-19-39

E-mail: i2103@ukr.net