

где $q_i = 1, 2, \dots, r$; $q_i \neq q_0$.

Во всех случаях разнесение индивидуальных значений по нормальным совокупностям порождает «геометрическое» расчленение самого массива, которое и следует использовать для вычисления прогнозных характеристик, определяемых данным свойством грунтов.

Очевидно, однако, что в некоторых случаях следует ожидать весьма «пестрого» расположения квазиоднородных элементов в массиве, которое невозможно учесть предложенными методами. В таких случаях приемлемы два пути решения:

- снижение размерности наблюдений методом главных компонент;
- расчленение массива по каждому из свойств отдельно с последующим сопоставлением результатов.

Заключение. Проведенные исследования показали, насколько важно для строительной практики выявление взаимосвязей строительных свойств с комплексом формирующих факторов и их изменчивостью хотя бы с доверительной вероятностью не менее 75%.

В обычных условиях изменчивость свойств геомассивов на строительных площадках можно представить в виде непрерывно изменяющейся функции многих переменных. Доминирующую роль играет геологическое строение, литологический состав и состояние, наличие и непрерывность воздействия различных антропогенных процессов.

Локальную изменчивость строительных свойств грунтов можно описать с высокой достоверностью простыми статистическими методами, так как распределение показателей большинства характеристик подчиняется нормальному или логнормальному законам распределения.

Локальная изменчивость строительных свойств определяет необходимость отыскания взаимосвязей с факторами, обеспечивающих доверительную вероятность не менее 75%.

Данная проблема в целом может быть достаточно надежно решена комплексированием методов элементами формализации.

При этом достаточно эффективным приемом коррекции расчетных значений характеристик свойств грунтов является выделение однородных составляющих и квазиоднородных элементов в грунтовых массивах.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грунтовые основания, уплотненные тяжелыми трамбовками. Правила проектирования и устройства: ТКП 45-5.01-107-2007 (02250). – Минск: Минархстроительства РБ, 2008. – 29 с.
2. Фундаменты зданий и сооружений на уплотненных песчано-гравийных подушках. Правила проектирования: ТКП 45-5.01-66-2007 (02250). – Минск: Минархстроительства РБ, 2007. – 71 с.
3. Каган, А.А. Выбор расчетных показателей свойств грунтов с помощью некоторых методов математической статистики. – М.: Недра, 1989. – 169 с.
4. Бондаренко, Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. – М.: Недра, 1971. – 198 с.
5. Боровко, Н.Н. Статистический анализ пространственных закономерностей. – Л.: Недра, 1971. – 273 с.
6. Бондарик, Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. – М.: Геолгиздат, 1971. – 206 с.
7. Бусел, И.А. Прогнозирование строительных свойств грунтов. – Мн.: Наука и техника, 1989. – 219 с.
8. Колпашиков, Г.А. Особенности инженерно-геологического районирования территории Белоруссии в связи с рациональным использованием геологической среды. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 203 с.
9. Комаров, И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. – М.: Недра, 1972. – 166 с.
10. Хан, Г. Статистические модели в инженерной геологии / Г. Хан, С. Шапиро – М.: Мир, 1969. – 395 с.
11. Колпашиков, Г.А. О системном подходе в инженерно-геологических исследованиях // Геология и география. – Мн.: Изд. БГУ, 1998. – С. 92–99.
12. Коган, Р.И. Интервальные оценки в геологических исследованиях. – М.: Недра, 1968. – 178 с.
13. Родионов, Д.А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков. – М.: Недра, 1968. – 206 с.
14. Трофимов, В.Т. Инженерно-геологическая типизация и районирование территории. – М.: Стройиздат, 1982. – 169 с.

Материал поступил в редакцию 02.02.12

SHVEDOVSKI P.V., POJTA P.S., KLEBANIUK D.N. Features estimates and projections variation of building soilproperties within geomassiva construction sites

The article deals with methods allowing to estimate and forecast volatility of building properties on the sites of the western region of Belarus.

УДК 624.046.5

Бондаренко В.М.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ САМОНАПРЯЖЁННЫХ СТАЛЕТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Введение. Одним из основных преимуществ *сталетрубобетонных элементов* (СТБЭ) является пластичность в предельной стадии работы, что исключает опасное хрупкое разрушение, особенно характерное для высокопрочных бетонов.

Выполненные исследования позволили установить помимо преимуществ и существенный недостаток СТБЭ, обусловленный расщеплением композитного сечения по границе двух материалов.

В мировой практике предлагается обеспечивать совместность поперечных деформаций на границе двух материалов в СТБЭ с помощью ряда конструктивно-технологических мероприятий. Одним направлением является приваривание с определённым шагом к внутренней поверхности оболочки так называемых коннекторов [1], что, однако, не исключает появления растягивающих радиальных напряжений в бетоне ядра. Во втором случае идут по пути создания начальных растягивающих напряжений в стали с помощью исполь-

зования напрягающего бетона [2] или применением технологии твердения бетона под давлением [3, 4], требующей значительных энергозатрат и трудоёмкости.

Эффективным способом обеспечения совместности поперечных деформаций материалов композитного сечения на всех этапах работы СТБЭ является использование напрягающего бетона, заполняющего внутреннюю полость трубы (оболочки). Это позволяет получить *самонапряжённые сталетрубобетонные элементы* (СНСТБЭ) с начальными растягивающими напряжениями в оболочке и сжимающими в ядре.

Начальное самонапряжение оказывает влияние на кинетику взаимодействия бетонного ядра со стальной оболочкой при нагружении, а соответственно его эффекты следует учитывать в расчётной модели сопротивления композитного элемента. По этой причине необходимо выявить закономерности изменения *начального ради-*

Бондаренко Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.
Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

ального самоупругения ядра $p_{int,0}$ (в дальнейшем – начальное самоупругение) при возрастании нагрузки вплоть до достижения предельной стадии работы СНСТБЭ и установить требуемые минимальное $p_{int,0,min}$ (с точки зрения обеспечения совместности поперечных деформаций) и эффективное $p_{int,0,eff}$ (с позиции сопротивления) значения начального самоупругения.

На сегодняшний день в доступных для анализа источниках [2, 3, 5–7], посвящённых расчёту сопротивления при осевом сжатию предварительно напряжённых или самоупругённых СТБЭ, отсутствуют решения, в которых непосредственно учитывается величина обжатия ядра в предельной стадии работы $p_{int,u}$. Так, в исследовании [2] нормируется минимальное значение начального обжатия ядра для обеспечения совместности поперечных деформаций, а расчёт сопротивления предлагается вести в соответствии с рекомендациями [8], не учитывающими величину обжатия. В работах [3, 5–7] в расчётные модели сопротивления осевому сжатию входит величина начального обжатия ядра, получаемого на стадии изготовления предварительно напряжённых СТБЭ.

Результаты проведенных исследований позволяют прогнозировать собственные деформации и напряжения СНСТБЭ на стадии их изготовления, а более точный учёт напряжённо-деформированного состояния данных конструкций в расчётной модели сопротивления в условиях реального проектирования будет способствовать рациональному расходу материалов.

1. Преднапряжённые и самоупругённые СТБЭ. Выполненный анализ позволил выявить, на наш взгляд, основной конструктивный недостаток СТБЭ – это возможность нарушения сплошности композитного сечения на границе двух материалов (отслоение бетонного ядра от стальной оболочки), что может происходить по двум причинам:

- развитие усадочных деформаций в бетоне (главным образом – аутогенной усадки), что создает опасность отслоения бетонного ядра от стальной оболочки еще до приложения эксплуатационных нагрузок;
- при работе элемента во второй стадии НДС (в соответствии с классификацией [9]), соответствующей уровню эксплуатационных нагрузок.

При расслоении элемента в результате процесса усадки бетона первая стадия НДС исклещается, а его работа под нагрузкой начинается со второй стадии.

Если сплошность сечения в результате усадочных процессов сохраняется, работа элементов в первой стадии НДС характеризуется совместностью поперечных деформаций, но бетонное ядро в отличие от осевого сжатия во второй стадии НДС находится в сложном напряжённом состоянии – продольное сжатие с радиальным растяжением, являющимся ещё более невыгодным. Нарушение непрерывности поперечных деформаций при переходе ко второй стадии НДС характерно как при передаче нагрузки на все поперечное сечение СТБЭ в виде жесткого штампа – совместность продольных деформаций обеспечивается конструктивно, так и при нагружении только бетонного ядра – совместность продольных деформаций обеспечивается на некотором расстоянии от торцов элемента после перераспределения продольного усилия за счет сил сцепления и (или) трения пропорционально жесткостям оболочки и ядра. Передача нагрузки на стальную оболочку может привести к расслоению элемента по контакту двух материалов как до, так и после достижения их совместного деформирования в продольном направлении.

Для решения означенной проблемы предлагается ряд мероприятий конструктивно-технологического характера [2–4], направленных на создания начальных растягивающих напряжений в стальной оболочке.

Технология твердения бетона под давлением требует применения специальной оснастки и длительного (до нескольких суток) поддержания прессующего давления, что приводит к значительным дополнительным затратам. Для передачи давления на бетонную смесь диаметр основного рабочего элемента оснастки – пустообразо-

вателя – должен составлять порядка 20..25% внутреннего диаметра стальной оболочки. При уменьшении данного значения резко сокращается площадь передачи прессующего давления на бетон, что приводит к необходимости значительного повышения рабочего давления в пустообразователе для компенсации потерь и создания равномерного напряжённого состояния в бетонной смеси. После извлечения оснастки получаем элементы кольцевого сечения, а при последующем заполнении технологического отверстия бетоном или при оставляемой оснастке – трёхслойные СТБЭ, подлежащие соответствующему расчёту сопротивления.

Более эффективным способом создания начальных напряжений в СТБЭ, на наш взгляд, является заполнение внутренней полости трубы-оболочки напрягающим бетоном. В исследовании [2] предложено определять минимальное значение самоупругения достаточное для обеспечения совместности поперечных деформаций по следующей зависимости:

$$\sigma_{bp,r} = 0,5\mu\epsilon_l E_s (v_s - v_b), \quad (1)$$

здесь $\sigma_{bp,r}$ – требуемая величина радиального самоупругения ядра;

μ – коэффициент продольного армирования;

ϵ_l – продольная деформация, соответствующая моменту выравнивания коэффициентов Пуассона стали и бетона;

E_s – модуль упругости стали;

v_s, v_b – начальные значения коэффициентов Пуассона стали и бетона соответственно.

Недостатком формулы (1) является то, что она включает два неизвестных параметра: величина обжатия зависит от продольной деформации (самоупругение компенсирует разность поперечных деформаций), а значение продольной деформации характеризуется величиной обжатия. В [2] авторами предложено использовать в (1) значение $\epsilon_l = 0,1\%$.

2. Проектирование СНСТБЭ. Появление начальных растягивающих напряжений в стали и сжимающих напряжений в бетоне меняет кинетику взаимодействия ядра с оболочкой при нагружении, что требует соответствующего учёта начального радиального давления при расчёте сопротивления таких элементов. Особенное внимание следует обратить на то, что при построении расчётных моделей сопротивления преднапряжённых или самоупругённых СТБЭ базовые уравнения записываются для предельной стадии работы, а величина обжатия ядра определяется на этапе прогнозирования расчетом (или экспериментально на опытных образцах) и соответствует моменту до приложения нагрузки на элемент. Следовательно, необходимо выявить закономерности изменения начального обжатия ядра $p_{int,0}$ при возрастании нагрузки вплоть до достижения предельной стадии работы элементов. Также необходимо установить требуемые минимальное $p_{int,0,min}$ (с точки зрения обеспечения совместности поперечных деформаций) и эффективное $p_{int,0,eff}$ (с позиции сопротивления) значения начального обжатия ядра, необходимые на этапе прогнозирования собственных деформаций и напряжений СТБЭ на стадии их изготовления.

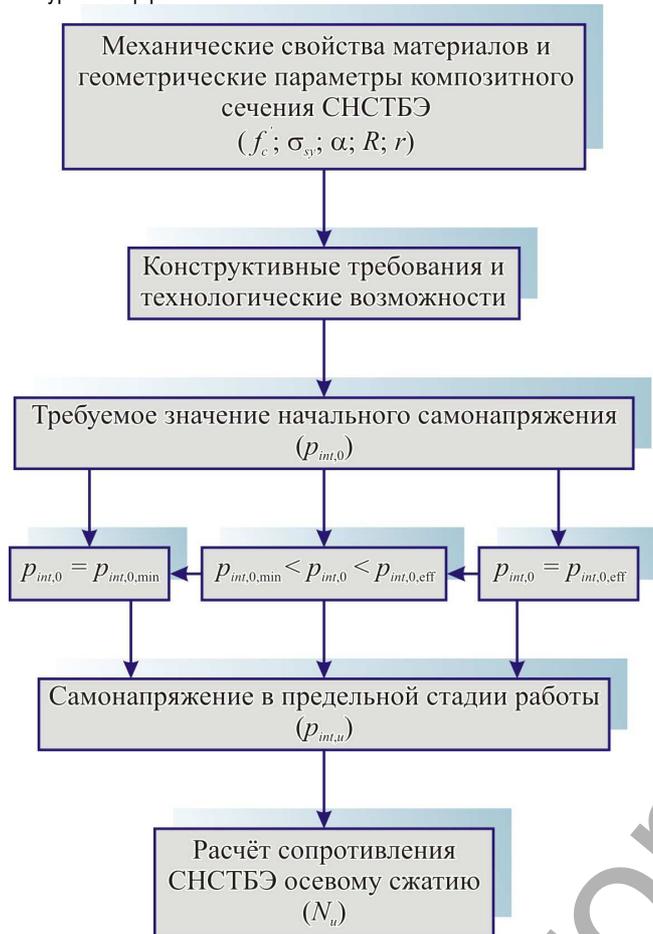
Исходя из выполненного анализа, в исследовании [10] предложена последовательность проектирования СНСТБЭ при осевом сжатию (рисунок 1).

На первом этапе производится компоновка сечения и выбор материалов с соответствующими механическими характеристиками свойств.

Затем, с учётом конструктивных требований и технологических возможностей назначают требуемое значение начального самоупругения $p_{int,0}$:

- минимальное ($p_{int,0} = p_{int,0,min}$) – рассчитывается в соответствии с алгоритмом [10] или определяется по номограммам на рисунке 2;
- эффективное ($p_{int,0} = p_{int,0,eff}$) – рассчитывается в соответствии с алгоритмом [10] или определяется по номограммам на рисунке 3;

- промежуточное ($p_{int,0,min} < p_{int,0} < p_{int,0,eff}$) – принимается для повышения эффективности работы элементов при отсутствии технологической возможности обеспечения самоупреждения на уровне эффективного значения.



f'_c – цилиндрическая прочность бетона при одноосном сжатии;
 σ_{sy} – предел текучести стали;
 $\alpha = E_s / E_{cm}$ – отношение модуля упругости стали к модулю упругости бетона;
 R, r – наружный и внутренний радиусы оболочки;
 N_u – сопротивление СНСТБЭ при осевом сжатии;

Рис. 1. Последовательность проектирования СНСТБЭ

При технологической возможности создания начального самоупреждения только ниже требуемого минимального уровня ($p_{int,0} < p_{int,0,min}$) СТБЭ не следует относить к самоупрежденным.

- Конструктивными требованиями к СНСТБЭ являются:
- обеспечение совместности поперечных деформаций материалов композитного сечения во всём диапазоне нагружения;
 - получение элемента, сечение которого при наступлении предельной стадии работы эффективно сопротивляется внешнему усилию – стальная оболочка достигает текучести, а бетонное ядро находится в трёхосном напряжённом состоянии сжатия при экстремальных значениях продольного и радиального напряжений (при этом естественным образом выполняется предыдущее требование).

Результаты численного исследования сопротивления осевому сжатию СНСТБЭ [10] показали, что при определённом сочетании варьируемых параметров σ_{sy} , β_s и f'_c не требуется самоупреждение в предельной стадии работы ($\beta_s = R / r$ – отношение наружного к внутреннему радиусов оболочки). Следовательно, для таких элементов не требуется создавать начальное самоупреждение на уровне эффективного значения, а необходимо обеспечить его лишь

на уровне требуемого минимального значения. СНСТБЭ с соответствующим набором параметров σ_{sy} , β_s и f'_c следует относить к эффективным с точки зрения их сопротивления осевому сжатию.

В работе [10] получены расчётные зависимости, связывающие сопротивление негибкого СНСТБЭ круглого поперечного сечения при осевом сжатии кратковременной статической нагрузкой (передаваемой в виде жёсткого штампа на всё сечение), механические характеристики свойств материалов композитного сечения, его геометрические параметры и величину самоупреждения в предельной стадии работы.

Одной из предпосылок при построении расчётной модели сопротивления СНСТБЭ при осевом сжатии [11, 12] является то, что в предельной стадии работы взаимодействие бетонного ядра и стальной оболочки обуславливается двумя параллельными процессами – это распор ядра, возникающий от дилатационного эффекта, и давление ядра вследствие самоупреждения бетона (при этом самоупреждение в предельной стадии является постоянной величиной).

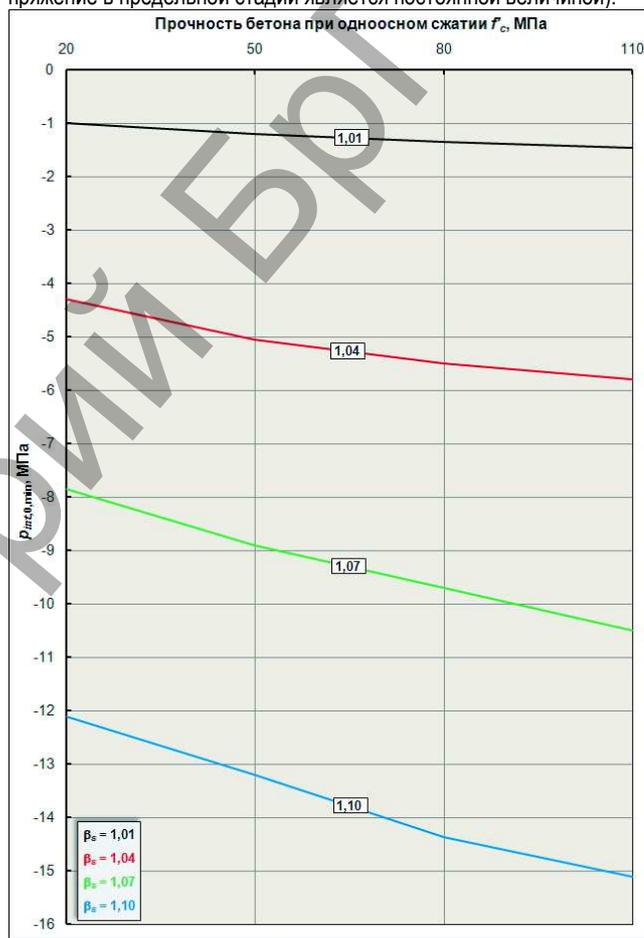


Рис. 2. Номограммы для определения $p_{int,0,min}$ в зависимости от f'_c и β_s

При нагружении СТБЭ без начального тангенциального напряжения в оболочке совместность деформаций обеспечивается только в продольном направлении вследствие усадки бетона и (или) положительной разницы между значениями коэффициента Пуассона стали и бетона ($\nu_s \approx 0,3$; $\nu_c \approx 0,2$). В радиальном направлении условие совместности деформаций не выполняется, а бетонное ядро работает в условиях одноосного сжатия. После достижения значения продольного напряжения (продольной деформации) в бетоне уровня, соответствующего верхней границе микротрещинообразования, возникает распор ядра вследствие дилатации бетона.

Появление начального тангенциального растягивающего напряжения в оболочке вследствие самоупреждения бетона ядра позволяет обеспечить совместность поперечных деформаций двух материалов на всех стадиях работы композитного элемента. Бетонное ядро в этом случае находится в условиях трёхосного сжатия. С уве-

личением нагрузки на элемент начальное тангенциальное напряжение в оболочке расходуется на компенсацию разности поперечных деформаций материалов композитного сечения, что влечёт за собой и изменение уровня обжатия бетонного ядра (величины самонапряжения). После достижения значения продольного напряжения (продольной деформации) в бетоне уровня, при котором коэффициент его поперечной деформации начинает превышать коэффициент поперечной деформации стали, возникает распор ядра вследствие дилатации бетона, а значение самонапряжения с этого этапа нагружения остается постоянным вплоть до наступления предельной стадии работы элемента.

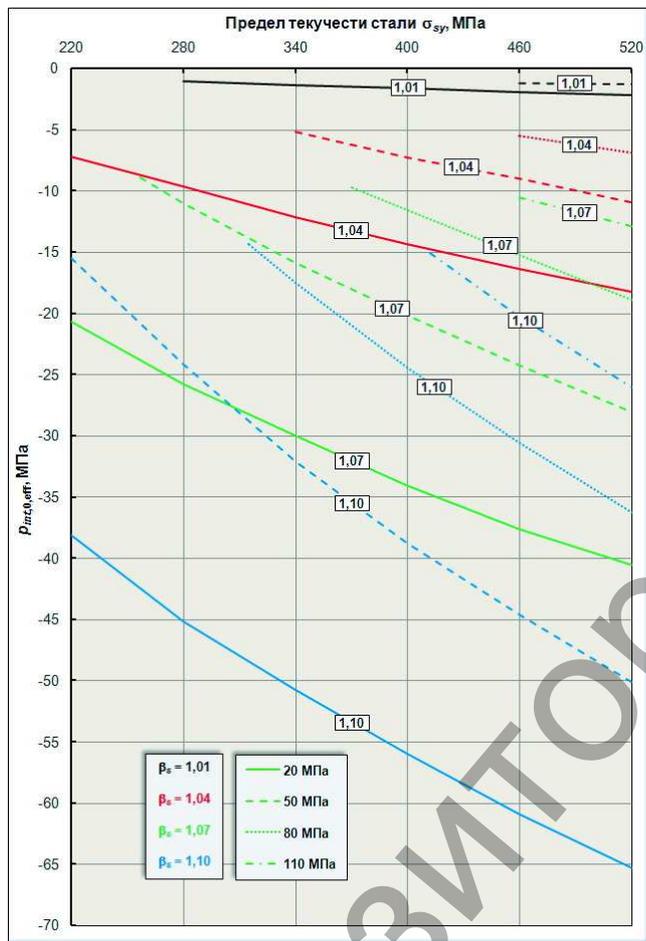


Рис. 3. Номограммы для определения $p_{int,0,eff}$ в зависимости от σ_{sy} , β_s и f'_c

Таким образом, при расчёте сопротивления СНСТБЭ необходимо учитывать не величину начального самонапряжения $p_{int,0}$, получаемую на стадии изготовления композитных элементов, а соответствующее значение самонапряжения в предельной стадии работы $p_{int,u}$. Следовательно, последним действием перед расчётом сопротивления осевому сжатию СНСТБЭ является определение значения самонапряжения в предельной стадии работы $p_{int,u}$:

- при $p_{int,0} = p_{int,0,min}$ – $p_{int,u} = 0$;
 - при $p_{int,0} = p_{int,0,eff}$ – рассчитывается в соответствии с одним из алгоритмов, представленных в исследовании [10], или определяется по номограммам на рисунке 4;
 - при $p_{int,0,min} < p_{int,0} < p_{int,0,eff}$ – рассчитывается в соответствии с одним из алгоритмов, представленных в исследовании [10].
- Выполненный анализ позволил уточнить определения исследуемых конструктивных элементов:
- *сталетрубобетонный элемент (СТБЭ)* – композитный конструктивный элемент, представляющий собой стальную оболочку

круглого сечения, заполненную монолитным бетоном, который после набора прочности образует внутреннее ядро;

- *самонапряжённый сталетрубобетонный элемент (СНСТБЭ)* – СТБЭ, в котором на стадии изготовления обеспечивается начальное самонапряжение не ниже требуемого минимального уровня, т.е. $p_{int,0} \geq p_{int,0,min}$.

Для элементов с $p_{int,0} = p_{int,0,min}$ и $p_{int,0} < p_{int,0,min}$ расчёт сопротивления выполняется без учёта самонапряжения ($p_{int,u} = 0$). Однако первые все-таки следует относить к СНСТБЭ по причине ясного физического смысла создания начального самонапряжения.

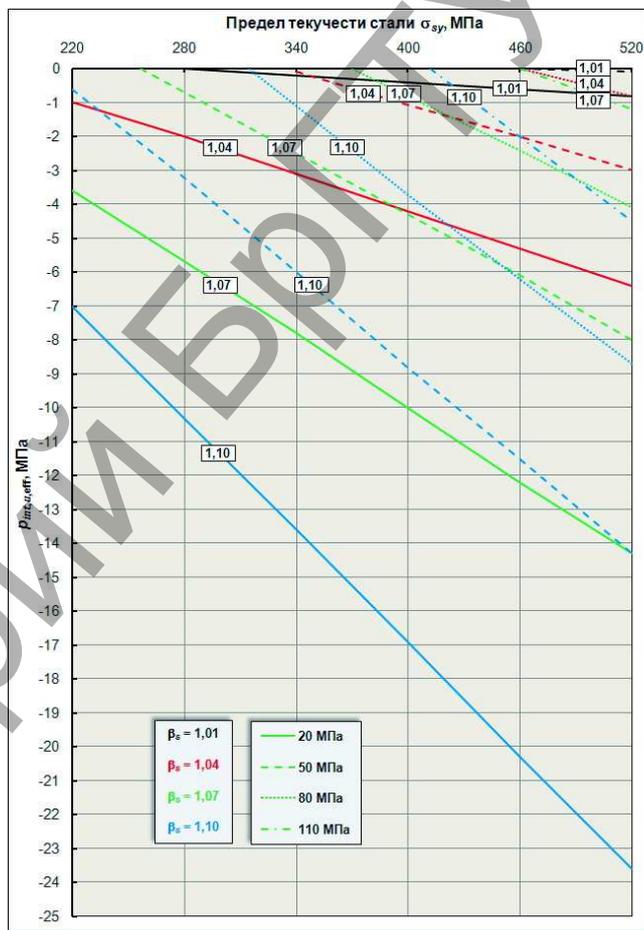


Рис. 4. Номограммы для определения $p_{int,u,eff}$ в зависимости от σ_{sy} , β_s и f'_c

Так как одному значению f'_c в зависимости от σ_{sy} и β_s может соответствовать множество значений начального самонапряжения $p_{int,0}$, то следует также уточнить определение следующего термина:

- *прочность бетона ядра СНСТБЭ (f'_c)* – максимальное напряжение сжатия в бетоне, получающем в процессе набора прочности самонапряжение $p_{int,0}$, и соответствующее пиковой точке диаграммы деформирования при одноосном напряжённом состоянии (после снятия самонапряжения).

Таким образом, на основании экспериментально-теоретических исследований должна быть получена зависимость, связывающая самонапряжение бетона и его прочность после снятия бокового обжатия в расчётном возрасте. Данная зависимость определяет технологические возможности получения СНСТБЭ, а подбор состава бетонной смеси для СНСТБЭ следует начинать после назначения соответствующих значений f'_c и $p_{int,0}$.

Заключение. Эффективным способом обеспечения совместности поперечных деформаций материалов композитного сечения на всех этапах работы СТБЭ является использование напрягающего бетона, позволяющего создать начальные растягивающие напряже-

ния в стали и сжимающие в бетоне. Появление начальных напряжений меняет кинетику взаимодействия ядра с оболочкой при нагружении и требует соответствующего учёта в расчётной модели сопротивления СТБЭ. В исследовании по данной тематике [2, 3, 5–7] выявлен ряд недостатков и отсутствует комплексный подход к оценке НДС, вызванного нагрузкой.

На основании выполненных исследований определена последовательность проектирования СНСТБЭ при осевом сжатии. При этом разработанная методика расчёта сопротивления СНСТБЭ при осевом сжатии учитывает реальное напряжённо-деформированное состояние, вызванное нагрузкой, и может применяться при проектировании данных конструктивных элементов, что обеспечит рациональный расход материалов.

Результаты исследований также позволяют определить требуемые минимальное ($p_{int,0,min}$) и эффективное ($p_{int,0,eff}$) значения начального самонапряжения, что необходимо на стадии изготовления СНСТБЭ.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Silva, R. D. A study on the steel-concrete bond in concrete filled steel tubular columns: master dissertation / R. D. Silva. – São Carlos Engineering School, São Paulo University, 2006. – 136 p.
2. Мартиросов, Г.М. Трубобетонные элементы из бетона на напрягающем цементе / Г.М. Мартиросов, А.И. Шахворостов // Бетон и железобетон. – 2001. – № 4. – С. 12–13.
3. Сахаров, А.А. Несущая способность трубобетонных элементов с бетоном, твердеющим под давлением: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / А.А. Сахаров; Самар. гос. арх.-строй. акад. – Самара, 1999. – 23 с.
4. Кришан, А.Л. Сталетрубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром / А.Л. Кришан, М.Ш. Гареев, А.И. Сагадатов // Бетон и железобетон. – 2004. – № 6. – С. 9–13.
5. Гареев, М.Ш. Прочность сжатых сталетрубобетонных элементов с предварительно обжатым ядром: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / М.Ш. Гареев. – Магнитогорск, 2004. – 161 с.

6. Сагадатов, А.И. Напряженно-деформированное состояние сжатых трубобетонных элементов с внутренним стальным сердечником: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / А.И. Сагадатов; Магнитогор. гос. техн. ун-т. им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2006. – 22 с.
7. Кузнецов, К.С. Прочность трубобетонных колонн с предварительно обжатым ядром из высокопрочного бетона: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / К.С. Кузнецов; Магнитогор. гос. техн. ун-т. им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2007. – 19 с.
8. Фонов, В.М. Прочность и деформативность трубобетонных элементов при осевом сжатии / В.М. Фонов, И.Г. Лютковский, А.П. Нестерович // Бетон и железобетон. – 1989. – № 1. – С. 4–6.
9. Лукша, Л.К. Прочность трубобетона / Л.К. Лукша. – Минск: Высшая школа, 1977. – 96 с.
10. Бондаренко, В.М. Сопротивление осевому сжатию сталетрубобетонных элементов круглого сечения с ядром из напрягающего бетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / В.М. Бондаренко. – Брест, 2010. – 148 с.
11. Бондаренко, В.М. Исследование и разработка общей методики расчёта трубобетонных элементов с ядром из бетона на напрягающем цементе / В.М. Бондаренко // Проблемы безопасности на транспорте: материалы IV междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 15–16 ноября 2007 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. В.И. Сенько. – Гомель: БелГУТ, 2007. – С. 242–244.
12. Бондаренко, В.М. Расчёт прочности сталетрубобетонных элементов с ядром из бетона на напрягающем цементе при центральном сжатии / В.М. Бондаренко, Л.К. Лукша // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунар. науч.-метод. семинара, Полоцк, 27–28 ноября 2008 г.: в 2-х т. / Полоцк. гос. ун-т; под общ. ред. Д.Н. Лазовского, А.А. Хотько. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – Т.1. – С. 206–214.

Материал поступил в редакцию 28.01.12

BONDARENKO V.M. Self-stressing CFST elements design

The calculation system of resistance of self-stressing CFST elements of round cross-section at axial compression is worked out. The algorithms of transition from initial value of the self-stress received at a stage of structural components manufacturing to a corresponding size in a stage-limit of the work which is necessary for the estimation of resistance are offered.

Demanded (minimum and effective) values of elements of initial self-stress depending on mechanical properties of materials and geometrical parameters of composite section are proved.

УДК 624.012.45

Павлова И.П., Бондаренко В.М.

МОДЕЛЬ РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ БЕТОННОГО КОМПОЗИТА (РБК) ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ САМОНАПРЯЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТРЕХОСНОГО ОГРАНИЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ

Введение. При проектировании составов напрягающего бетона преобладающей характеристикой является величина его самонапряжения [1–5]. Далее для определения величины самонапряжения бетона использована трехкомпонентная пространственная модель композита, состоящего из заполнителя, цементной матрицы и расположенной между ними транзитной зоны.

Основные положения модели. При построении модели в данной работе приняты следующие предпосылки:

- расширяющийся композит можно условно представить в виде континуума активной матрицы, в теле которой дискретно расположен пассивный заполнитель;
- рассматриваемая моделируемая система расширяется равномерно по объему без нарушения сплошности контактов.

При прогнозировании процесса расширения для упрощения рас-

четов в модели был использован ряд допущений, не искажающих физический смысл рассматриваемого явления:

- моделируемая система содержит равномерно распределенные по объему матрицы равновеликие шарообразные зерна заполнителя;
- в процессе расчета в качестве пассивной компоненты рассмотрен заполнитель с транзитной зоной вокруг него, для которого согласно основным положениям рассчитывают некоторые усредненные деформативные характеристики.

Жесткостные характеристики элементов модели и их изменение во времени. В силу специфики структурообразования расширяющегося композита, транзитную зону в дальнейшем рассматриваем как неактивную компоненту, вынужденными деформациями которой с целью упрощения расчетов можно пренебречь. В расчетной модели в качестве заполнителя рассматривается некоторый

Павлова Инесса Павловна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.