

О ВЛИЯНИИ СВЯЗЕЙ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ (НДС) ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ-ОБОЛОЧКИ ПЕРЕКРЫТИЯ

А.В. Селиванов, инженер;

Ф.Ф. Регер, канд. с.-х. наук

ФГБОУ ВО СибАДИ, ЗАО «ПИРС»;

И.А. Чакурин,

канд. техн. наук **ФГБОУ ВО СибАДИ (г. Омск)**

Цель выполненного теоретического исследования состоит в оценке влияния вида связей и величины предварительного напряжения на НДС железобетонной плиты-оболочки перекрытия, разработанной авторами. Для данной плиты разработана конечно-элементная модель с применением ПК Лира-САПР. Изучены 3 варианта опорного конструктивного решения, создающих ограничения перемещений:

- ограничение только вертикальных перемещений
- ограничение вертикальных и поперечных перемещений
- установка поперечного ребра

В результате исследования установлено, что величины напряжений и поперечных вертикальных перемещений напрямую зависели от условий опирания: ограничение поперечных горизонтальных перемещений на опоре любым из выбранных способов позволяло уменьшить поперечные и продольные напряжения и прогибы, асоздание торцового ребра или ограничение перемещений дополнительной горизонтальной связью давали практически одинаковый эффект.

Для оптимальных вариантов исследованы также вопросы влияния предварительного напряжения. Для этого произвели сравнение НДС при максимальной расчетной нагрузке плиты с арматурой без предварительного напряжения и плиты с арматурой имеющей максимальное преднапряжение. В результате исследования установлено, что отсутствие

предварительного напряжения резко уменьшило жесткость и трещиностойкость. Появление трещин приводило к снижению влияния ограничения горизонтального перемещения, созданного в торцах, что приводило к неравномерным поперечным деформациям, возникающим в ребрах.

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЫСТРОМОНТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ В РАЙОНАХ, ПРИРАВНЕННЫХ К КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ

В.В. Адищев, д-р техн. наук, профессор,

А.А. Скрипченко, ассистент.

(НГАСУ (Сибстрин), Новосибирск)

В России быстровозводимые здания получили широкое применение, которое вызвано прежде всего удаленностью территорий, слаборазвитой логистикой, а так же следующими территориальными и климатическими факторами:

1. 65% территории Российской Федерации находится в районах вечной мерзлоты или 10-12 млн. км² [1].
2. Около 1/3 или 5500 млн. км² территории России находится за северным полярным кругом.
3. Среднегодовая температура в России составляет -5,5⁰С [2].

К наиболее крупным городам, расположенным в районах вечной мерзлоты относятся: Норильск, Якутск, Дудинка, Анадырь. Города с островными (выборочными) зонами распространения многолетнемерзлых грунтов: Воркута, Салехард, Новый Уренгой, Магадан, Надым, Мирный. Население, проживающее на территории вечной мерзлоты, в России, оставляет более 2 миллионов человек.

Существующее положение дел в городах крайнего Севера: массовое строительство отсутствует, новые территории осваиваются только в пределах добычи нефти и газа. Нормативный срок эксплуатации существующих жилых,

общественных и производственных зданий, возведенных в период 50-80.-х гг прошлого века, подходит к окончанию ли уже истек.

Наиболее широкое применение получили БМЗ из легких конструкций, в составе которых металлический каркас из ЛСТК (Легкие стальные тонкостенные конструкции) с ограждающими конструкциями из трехслойных сэндвич-панелей.

Однако такие здания имеют свои минусы и в качестве жилых домов, согласно действующего нормирования, применяться не могут.

Предлагаются способы решения проблем массового строительства в условиях Крайнего севера (и приравненных к ним труднодоступных районов) путем реализации быстромонтируемых постнапряженных конструкций из сборного железобетона путем снижения трудозатрат, повышения скорости монтажа, развертывания мини-заводов ЖБИ на в непосредственной близости от строительной площадки.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЛИТЕЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ УДАРЕ

С.Ю. Савин, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
ЖБК

М.З. Шарипов, аспирант кафедры ЖБК
(НИУ МГСУ, МОСКВА)

Анализ научной литературы показывает, что значительная часть выполненных к настоящему времени исследований динамической прочности и деформативности сжатых бетонных и железобетонных элементов производилась без учета влияния факторов длительного силового сопротивления.

В связи с этим планируется проведение экспериментального исследования несущей способности длительно нагруженных сжатых железобетонных элементов при динамическом ударе. Методика экспериментального исследования включает два этапа. На первом этапе предполагается испытание стандартных бетонных призм размерами 70х70х280 мм, выдерживаемых при постоянном уровне напряжений $0.6R_{bn}$ в течение не менее чем 182 дней, с последующим доведением их до разрушения без предварительной разгрузки при трех режимах нагружения: однократном квазистатическом, однократном динамическом за время $\approx 0,1$ с (на гидравлическом прессе), однократном динамическом за время 0,01...0,05 с (на копровой установке). По результатам первого этапа испытаний предполагается уточнение параметров модели силового сопротивления бетона при рассматриваемом режимном нагружении. В первом

приближении, в качестве исходной модели для уточнения принимается реологическая вязко-упругая модель наследственного старения.

На втором этапе с целью верификации и уточнения полученных зависимостей будет выполнено испытание сжатых железобетонных стержневых конструкций размерами 100x100x800 мм на однократное динамическое воздействие с учетом предварительного длительного нагружения.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ДОГРУЖЕНИЯ В СЛОЖНОНАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ОСОБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

В.И. Колчунов, д.т.н., проф.

(ФГБОУ ВО ЮЗГУ, КУРСК)

В.С. Московцева, аспирант

(ФГБОУ ВО ЮЗГУ, КУРСК)

Представлены результаты расчетного анализа и экспериментальных исследований по оценке динамических эффектов в сложноподвешенных элементах железобетонных рам каркасов многоэтажных зданий при особых воздействиях. Эти эффекты связаны с расчетом каркасов таких зданий на особое воздействие, в виде внезапного удаления одной из несущих конструкций. Решению таких задач в последние два десятилетия посвящено значительное число отечественных и зарубежных публикаций, тем не менее, решение проблемы живучести в целом далеко от завершения. Недостаточно изучен ряд физических явлений, возникающих в процессе силового сопротивления конструкций и конструктивных систем при такого рода воздействиях. Не могут быть объяснены и, соответственно, оценены на основе традиционных представлений метода предельных состояний физические основы построения так называемых вторичных расчетных схем. Почти отсутствуют экспериментальные исследования по установлению отмеченных физических особенностей силового сопротивления конструктивных систем при внезапном изменении в них силовых потоков. В связи с этим, в

рассматриваемой работе приводятся результаты экспериментальных исследований, выполненных для двух монолитных железобетонных рам, одна из которых испытана при удалении средней колонны, вторая – при удалении крайней. Анализируются также результаты экспериментальной и теоретической оценки динамических догрузений при рассматриваемых воздействиях по деформациям, перемещениям и приращениям раскрытия трещин.

ВАРИАНТ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ БЕТОНА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СТАТИКО- ДИНАМИЧЕСКОМУ РЕЖИМУ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Н.В. Федорова, профессор, директор филиала НИУ
МГСУ в г. Мытищи

Н.Т. Ву, преподаватель кафедры фундаментального
образования

(НИУ МГСУ, МЫТИЩИ)

При расчете зданий и сооружений на устойчивость к прогрессирующему обрушению важно знать напряженно-деформированное состояние конструкции в стадии нагружения до уровня эксплуатационной нагрузки и последовательного внезапного удаления одной несущих элементов. Существующая до сих пор методика определения напряжений и деформаций конструкций, как правильно, опирается на статическую деформационную модель бетона и железобетона. Поэтому представляется важным построение такой деформационной модели, которая с одной стороны учитывала бы наиболее характерные особенности бетона как физически нелинейного материала при статико-динамическом режиме нагружения, а с другой стороны, была бы удобной для практического использования при решении задачи живучести зданий и сооружений при запроектных воздействиях.

На основе теории пластичности бетона и железобетона Г.А. Гениева формулированы исходные гипотезы и предпосылки о деформировании бетона при статико-динамическом режиме нагружения. Установлены зависимости между инвариантами напряженного и деформированного состояния бетона при

статико-динамическом режиме нагружения.

$$T^{st-d} = \varphi_E^d G_0 \left(1 - \frac{\varphi_E^d G_0}{4\varphi_b^d T_s} \Gamma \right) \Gamma + \frac{T_s}{\varphi_b^d} \left\{ [(1 - \sqrt{1 - \eta})\varphi_E^d - \varphi_b^d]^2 + \eta\varphi_b^d - (\varphi_b^d)^2 \right\} \quad (1)$$

Построенная зависимость могут быть использованы для анализа особого предельного состояния железобетонных элементов конструктивных систем каркасов зданий и сооружений при внезапном аварийном статико-динамическом воздействии.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ОБЫЧНЫХ И ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ИЛИ КОРОБЧАТОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ КРУЧЕНИИ С ИЗГИБОМ

Вл.И. Колчунов, чл.корр. РААСН, д.т.н., проф.

(ФГБОУ ВО ЮЗГУ, КУРСК)

А.В. Козарез, аспирант

(КФУ ИМ. ВЕРНАДСКОГО, СИМФЕРОПОЛЬ)

М. В. Протченко, аспирант

(ФГБОУ ВО БГИТУ, БРЯНСК)

Разработана практическая модель и алгоритм аналитического сопротивления железобетонных конструкций прямоугольного и коробчатого поперечного сечения при кручении с изгибом, построенный график зависимости угла главных деформаций укорочения, поперечный пролет и отношений крутящего к изгибающему моменту при сложном нагружении. Практическая модель включает составляющие внешних усилий в стержневой конструкции прямоугольного и коробчатого поперечного сечения, пространственный характер трещин, при совместном действии обозначенных моментов, поперечных и продольных сил, различные случаи расположения сжатой и растянутой зоны бетона в зависимости от соотношения действующих усилий в проектируемой конструкции. Для блоков бетона и связей арматуры в пространственной трещине имеют пространственные и поперечные сечения с модифицированной

гипотезой линейных и угловых деформаций.

Полученные аналитические зависимости позволяют определять связанные между собой расчетные параметры рассматриваемой сложнапряженной конструкции, такие как напряжения в бетоне сжатой зоны, высоту сжатого бетона, напряжения в продольной и поперечной арматуре, в том числе «нагельные» усилия, деформации в бетоне и арматуре, длину проекции пространственной трещины и другие. Построенная деформационная практическая модель и алгоритм расчета может быть получена для результатов исследований при проектировании различных эффективных железобетонных конструкций прямоугольного и коробчатого поперечного сечения, работающих на изгиб с кручением.

ДЛИТЕЛЬНЫЕ НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ АНАЛИЗЕ ПОТЕНЦИАЛА ЖИВУЧЕСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ В ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ

Н.Б. Андросова, доцент, заведующая кафедрой
строительных конструкций и материалов

(ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева, ОРЕЛ)

В.И. Колчунов, профессор, заведующий кафедрой
уникальных зданий и сооружений

(ФГБОУ ВО ЮЗГУ, КУРСК)

При неравновесной постановке задачи (наложение во времени деформаций ползучести и коррозионных повреждений) продолжительность сохранения потенциала живучести строительной системы во времени с исключением из системы конструктивных элементов, ответственных за геометрическую неизменяемость сооружений, следует определять с учетом длительного модуля деформаций бетона. Модуль связан линейной зависимостью между напряжениями и деформациями в момент времени t при начале нагружения t_0 и находится по формуле:

$$E_b(t, t_0) = \left[\frac{1}{E_b} + c(t, t_0) \right]^{-1}, \quad (1)$$

где E_b – модуль начальной упругости; $c(t, t_0)$ – мера ползучести бетона к моменту времени t при нагружении его в возрасте t_0 .

Живучесть железобетонной рамы каркаса с учетом неравновесных процессов зависит от длительности ее эксплуатации в здании и степени его коррозионного

повреждения во времени. Эти факторы необходимо учитывать при расчете конструктивной системы здания на особые воздействия и проектировании их защиты от прогрессирующего обрушения. Деформационный критерий особого предельного состояния с учетом неравновесных процессов длительной деформации элементов конструктивной системы определяется:

$$f \leq f_{ult} = (1/10 \dots 1/30)L. \quad (2)$$

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

М.Г. Петров, доцент, ведущий научный сотрудник

(ФГУП «СибНИИ им. С.А. Чаплыгина», Новосибирск)

Обычным способом исследования поведения технических систем является анализ их выходных характеристик при заданных входных воздействиях. Это касается как материалов или конструкций, испытываемых на стендах, так и натуральных конструкций при эксплуатационных нагрузках.

Состояние материала или конструкции оценивается по связи между выходным и входным воздействиями. При испытаниях, например, задаются какие-либо регулярные воздействия и анализируются связи между усилиями и перемещениями (или напряжениями и деформациями), по изменениям которых судят о состоянии объекта испытаний. При эксплуатации конструкций разумно использовать в качестве входного процесса тот, который можно и удобно измерить, не нарушая ход их эксплуатации.

Композиционный материал (КМ), являющийся одновременно материалом и конструкцией, демонстрирует особенности своего поведения, связанные с тем, что при растяжении и сжатии ведёт себя как два различных материала. Исследования процесса разрушения на том или другом типе образцов–представителей КМ подразумевают, понятно, исследования данной конкретной конструкции, отличающейся от другой, например, натурной конструкции, изготовленной из того же материала.

На примере диагностики КМ, основанной на анализе связей между усилиями и перемещениями, рассматриваются изменения их деформационных характеристик, соответствующих исходному состоянию объекта испытаний, и в связи с появляющимися в них повреждениями или изменениями свойств связующего. Иллюстрируются связи между неупругими деформациями КМ и их усталостной долговечностью, изменения которых могут быть связаны с климатическими воздействиями на материал.

Для расчётных оценок ресурсных материалов и конструкций, находящихся в том или ином состоянии, применяются математические модели, построенные на уравнениях физической кинетики, в основе которых заложен термодинамический подход к течению и разрушению твёрдых тел.

Для конструкций, чьё состояние необходимо отслеживать в эксплуатации, анализируется изменение связи между входными спектрами усилий или перемещений и спектрами перемещений или ускорений в их характерных точках. Поскольку процессы внешних воздействий являются нестационарными, применяется вейвлет-преобразование реализаций входных и выходных воздействий с усреднением спектров по времени и частоте на характерных отрезках времени эксплуатации.