

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Цацулина Ильи Владимировича** «Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

Работа Цацулина Ильи Владимировича посвящена исследованию актуальной на сегодняшний день задаче, а именно работе железобетонных конструктивных элементов при действии малоцикловых нагрузок, в частности сейсмических.

Объектом исследования являются изгибаемые железобетонные элементы зданий и сооружений, работающих в условиях малоцикловых знакопеременных воздействий большой интенсивности типа сейсмических.

Расчет на сильные землетрясения принято выполнять с учетом проявления неупругих деформаций в отдельных элементах конструкций, исключив при этом обрушение здания и обеспечив живучесть системы.

Исследования, направленные на повышение механической безопасности зданий и сооружений при сейсмических воздействиях, а, следовательно, на снижение числа аварийных ситуаций, безусловно являются важной научной задачей.

Результаты исследований автора отвечают признакам научной новизны и практической значимости. Теоретическая и практическая значимость работы не вызывает сомнений. Автором был предложен аналитический метод определения несущей способности изгибаемых конструктивных элементов при смене знака усилия с учетом влияния пластических деформаций арматуры. Данная методика может быть использована при разработке методов защиты зданий при сейсмических воздействиях.

Автором предложен критерий, согласно которому следует ограничивать пластические деформации на первом полуцикле нагружения при выполнении расчетов сейсмостойких зданий.

Результаты работы представлены в 8 публикациях, 5 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. В выводах к диссертационной работе автором предлагается ограничить величину максимальных пластических деформаций в сейсмических расчетах железобетонных конструкций. В автореферате следовало бы дать пояснение практического смысла в ограничении коэффициента пластичности при расчете зданий и сооружений на сейсмические воздействия.

2. В автореферате указано, что после разгрузки экспериментальные балки переворачивались, и производилась наклейка датчиков по берегам образовавшихся нормальных трещин. Следовало бы дать более подробные пояснения, для чего это делалось.

Несмотря на сделанные замечания, диссертационная работа в целом является законченной научно-квалификационной работой, содержащей научно

обоснованное решение поставленной задачи. Выводы отражают суть полученных результатов. Объем, содержание, научная новизна и практическая значимость результатов исследований диссертационной работы Цацулина Ильи Владимировича отвечает требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Цацулин Илья Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

*Настоящим я, Плотников Алексей Николаевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и на автоматизированную обработку персональных данных.*

Кандидат технических наук  
по специальности 05.23.01.,  
доцент кафедры  
строительных конструкций,  
декан строительного факультета  
ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»

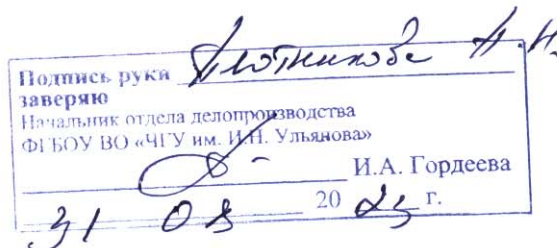


Плотников  
Алексей Николаевич

Адрес: 428015, г. Чебоксары, Московский пр.15,  
[plotnikovAN2010@yandex.ru](mailto:plotnikovAN2010@yandex.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

тел. 8 903 064 26 94



## Отзыв

на автореферат диссертации Цацулина Ильи Владимировича на тему: «Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Сейсмические воздействия на здания и сооружения, характеризующиеся высокой интенсивностью, приводят к развитию значительных усилий переменного знака. Действующие нормативные документы при проектировании на сейсмические нагрузки допускают развитие пластических деформаций в железобетонных элементах зданий при условии обеспечения устойчивости и прочности сооружения. При этом в расчетах не учитывается ряд особенностей работы конструкций за пределами первого полупериода колебаний конструкции. В этой связи диссертационная работа Цацулина Ильи Владимировича, направленная на оценку несущей способности и механизма разрушения изгибаемых элементов при знакопеременных нагрузках с учетом пластических деформаций арматуры является актуальной и практически значимой. Научная новизна полученных результатов не вызывает сомнений.

Автором выполнены экспериментальные исследования 15 железобетонных балок при знакопеременном статическом нагружении. По результатам исследований определены несущая способность конструкций и характер их разрушения в зависимости от коэффициента пластичности по деформациям арматуры. Установлен характер деформирования бетона и конструкции в целом на втором цикле нагружения после смыкания трещин, распределение напряжений и деформаций по высоте сечения элемента, определен коэффициент  $A$  гипотезы билинейных сечений. Экспериментально установлено предельное значение коэффициента пластичности, из условия исключения образования сквозных несомкнутых трещин.

С учетом полученных опытных данных диссертантом разработан метод расчета прочности нормальных сечений железобетонных элементов при сейсмическом воздействии. Сформулированы предпосылки расчета, приведены расчетные зависимости. С применением разработанного метода выполнен теоретический анализ влияния пластических деформаций в арматуре на несущую способность элемента и коэффициента гипотезы билинейных сечений  $A$  на распределение деформаций в нормальном сечении при знакопеременном нагружении. Выполненные расчеты с применением разработанного метода свидетельствуют о удовлетворительном совпадении результатов расчета с имеющимися решениями и экспериментальными данными.

Замечания по автореферату и диссертации:

1. При проведении экспериментальных исследований нагружение опытных образцов проводилось статической нагрузкой. Сейсмическое воздействие

имеет динамический характер, что приводит к изменению прочностных и деформативных характеристик бетона и арматуры. Учитывается ли при оценке экспериментальных данных влияние динамического упрочнения материалов на несущую способность конструкции, предельное значение коэффициента пластичности, коэффициент гипотезы билинейных сечений А и другие параметры.

2. Целесообразно было бы при проведении численных исследований наряду с моделированием статического нагружения экспериментальных образцов также выполнить анализ конструкций при динамическом знакопеременном воздействии.

Сделанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости исследований.

Диссертационная работа Цацулина Ильи Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертация на тему «Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Цацулин Илья Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – «Строительные конструкции, здания и сооружения»

Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Галяутдинов Заур Рашидович  
Доктор технических наук,  
Научная специальность 2.1.1 – Строительные  
конструкции, здания и сооружения.  
Доцент, зав. кафедрой «Железобетонные и  
каменные конструкции»  
ФГБОУ ВО «Томский государственный  
Архитектурно-строительный университет»,  
телефон (3822) 659822  
e-mail: gazr@yandex.ru

Подпись Галяутдинова З.Р. заверяю  
Ученый секретарь ученого совета

634003, г.Томск,  
пл. Соляная, 2



З.Р. Галяутдинов

Ю.А. Какушкин  
04 сентября 2023 г.

## Отзыв

на автореферат диссертации Цацулина Ильи Владимировича «Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

Тема диссертационной работы, связанная с влиянием пластических деформаций арматуры на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов при интенсивных динамических нагрузках, а именно знакопеременных, безусловно является малоизученной, что и определяет ее актуальность.

Диссертационная работа содержит результаты как экспериментальных, так и теоретических исследований процессов деформирования и разрушения изгибаемых железобетонных элементов при действии малоцикловых знакопеременных нагрузках.

К научной новизне результатов диссертационной работы можно отнести: новые экспериментальные данные о несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия в зависимости от коэффициента пластичности по деформациям арматуры в первом полуцикле нагружения; данные о предельном значении коэффициента пластичности по деформациям арматуры, соответствующим разрушению при смене знака усилия в зависимости от коэффициента пластичности по деформациям арматуры в первом полуцикле нагружения; разработка инженерного метода приближенной оценки несущей способности изгибаемых железобетонных элементов с учетом наличия остаточных деформаций бетона и арматуры.

Практическую ценность результатов работы составляют разработанные автором методика и алгоритм расчета несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия, а также рекомендации по ограничению величин коэффициента пластичности по деформациям арматуры в расчетах на сейсмические воздействия.

Достоверность результатов работы подтверждается близкой сходимостью результатов математического моделирования с опытными данными. Численные исследования выполнены с применением вычислительных программных комплексов, построенных на основе метода конечных элементов и общепринятых законов механики деформируемого твердого тела.

Вместе с тем по работе имеются следующие замечания, которые рекомендуется учесть в дальнейших исследованиях диссертанта:


1. В четвертой главе диссертации расчеты балок в ПК Abaqus проводились как на один цикл, (два полуцикла нагружения), так и на большее количество циклов нагружения. Непонятно, почему в выводах по результатам расчетов на 5, 10 и 50 циклов коэффициент пластичности в первом полуцикле нагружения ограничен

именно величиной 1.62. Следовало бы в тексте диссертации привести более четкие пояснения на этот счет.

2. Следовало бы учитывать трение грузораспределительных пластин о бетон при анализе напряженно-деформированного состояния балок при смене знака усилия. Касательные напряжения по поверхности контакта грузораспределительной пластины с верхней гранью балки могут оказывать влияние на напряженно-деформированное состояние сечения и препятствовать смыканию трещин в сжатой зоне.

Отмеченные замечания не снижают теоретической и практической значимости диссертационной работы Цацулина Ильи Владимировича, которая представляется законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержит научные результаты, выводы и рекомендации, отвечающие критериям научной новизны и практической значимости. Диссертация на тему: «Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры» отвечает требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Цацулин Илья Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.

*Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета*

Тумаков Сергей Анатольевич   
доцент кафедры «Строительство зданий и сооружений»,  
кандидат технических наук (05.23.17 – Строительная механика), доцент,  
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»,  
150023, г. Ярославль, Московский пр., д. 88,  
тел. 8-920-138-77-19; E-mail [tumakovsa@ystu.ru](mailto:tumakovsa@ystu.ru)

*Подпись Тумакова С.А. заверено*

Специалист  
по персоналу



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Цацулина Ильи Владимировича «Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Актуальность темы диссертационного исследования связана с необходимостью уточненного расчета зданий, подвергающихся динамическому сейсмическому воздействию, приводящему к развитию пластических деформаций и образованию несомкнутых остаточных трещин.

Проведение динамических расчетов для зданий, возводимых в сейсмоопасных районах, является неотъемлемой частью процесса их проектирования и сопряжено с целым рядом особенностей, одна из которых—оценка работы конструкций в пластической стадии при знакопеременных нагрузках, с учетом преимущественного формирования зон пластичности в горизонтальных элементах каркаса.

В автореферате автора отмечается, что имеется сравнительно небольшой объем экспериментальных исследований работы изгибаемых железобетонных элементов в условиях знакопеременных нагрузок, а влияние пластических деформаций арматуры, возникших на первом полупериоде нагружения, на напряженно-деформированное состояние конструкции и процесс трещинообразования на последующих полупериодах практически не рассматривалось ранее.

Работа автора включает в себя экспериментальную оценку несущей способности изгибаемых железобетонных элементов в условиях знакопеременных нагрузок, а также результаты конечно-элементного моделирования работы железобетонных изгибаемых конструкций в условиях динамических воздействий, с использованием комплекса SIMULIA Abaqus компании Dassault Systèmes.

Методы исследований, основанные на симбиозе экспериментального и численного моделирования поведения железобетонных конструкций с использованием стандартного лабораторного оборудования, а также апробированных на практике конечно-элементных комплексов, используемых для решения известных уравнений теории железобетона и строительной механики позволяет считать полученные результаты достоверными. Личный вклад соискателя в решение поставленных задач не вызывает сомнения.

Среди полученных автором результатов можно отдельно выделить следующие важные для практического применения:

- разработана инженерная методика оценки несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия;
- определена зависимость предельного значения коэффициента пластичности, соответствующего разрушению балки, во втором полупериоде нагружения от коэффициента пластичности по деформациям арматуры в первом полупериоде нагружения;
- определена зависимость относительной несущей способности балок во втором полупериоде нагружения (при смене знака усилия) от коэффициента пластичности по деформациям арматуры.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что диссертация выполнена на высоком профессиональном уровне, соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Цацулин Илья Владимирович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 - Строительные конструкции, здания и сооружения.

*Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.*

Начальник отдела виброизмерений  
и проектирования виброзащиты,  
ООО «ВИБРОСЕЙСМОЗАЩИТА»,  
кандидат технических наук  
(05.23.17-Строительная механика)

Дмитрий Константинович Сизов

Подпись Сизова Д.К. удостоверяю  
Генеральный директор  
ООО «ВИБРОСЕЙСМОЗАЩИТА»



Юрий Яковлевич Марусев

ООО «ВИБРОСЕЙСМОЗАЩИТА»  
109341, г. Москва,  
Братиславская ул., 6, оф. 294  
Тел. 8 (499) 784-78-91, 784-78-92  
E-mail: [vibro@vibroprotect.ru](mailto:vibro@vibroprotect.ru)  
<http://www.vibroprotect.ru>

12.09.2023



## ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Цацулина Ильи Владимировича «Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры»

Кандидатская диссертация на тему «Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры» посвящена расчету железобетонных балочных конструкций при знакопеременных нагрузках большой интенсивности и представляет теоретический и практический интерес для развития методов расчета сейсмостойких конструкций.

Актуальность темы диссертации Цацулина Ильи Владимировича заключается в оценке влияния пластических деформаций на работу изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия, например при действии сейсмических нагрузок.

Автором проведены экспериментальные и численные исследования напряженно-деформированного состояния, относительной несущей способности и предельных значений коэффициента пластичности по деформациям арматуры железобетонных балок при смене знака усилия. На основе полученных результатов предложен упрощенный метод оценки несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия с учетом развития пластических деформаций арматуры.

К достоинствам представленной диссертации можно отнести следующее:


- проведен анализ напряженно-деформированного состояния изгибаемых железобетонных элементов при монотонном нагружении, и по его результатам построена зависимость коэффициента  $A$  гипотезы билинейных сечений от коэффициента пластичности;
- дана оценка влияния пластических деформаций на снижение несущей способности балки и предельного значения коэффициента пластичности, соответствующего разрушению бетона сжатой зоны, и по ее результатам даны рекомендации по ограничению максимального коэффициента пластичности в расчетах сейсмостойких конструкций;
- предложен метод приближенной оценки несущей способности элементов конструкций при смене знака усилия.

К диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. По нашему мнению, автору следовало бы провести численные эксперименты по изучению работы и сейсмостойкости железобетонных балок в составе зданий. В реальных условиях возникновение в сечениях балок знакопеременных изгибающих моментов ограничено вследствие большой величины статической нагрузки.

2. Утверждение о том, что после разгрузки усилия в сжатом бетоне и арматуре должны уменьшиться до нуля (стр. 19 автореферата), представляется сомнительным, поскольку в бетоне и арматуре сохраняются остаточные напряжения.
3. Практическая ценность работы могла бы быть выше, если бы в качестве расчетной диаграммы деформирования бетона автор принял диаграммы, приведенные в нормативных документах (СП, Еврокод и др.).

В целом, представленная диссертация выполнена на достаточно высоком научном уровне и может иметь практическое значение. Ее автор Цацулин И.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Симбиркин Валерий Николаевич   
канд. техн. наук (05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения),  
главный инженер ООО «ЕВРОСОФТ»,  
заведующий сектором лаборатории автоматизации исследований и проектирования сооружений  
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко Акционерного общества  
«Научно-исследовательский центр «Строительство»,  
Адрес: 109428, Россия, г. Москва, 2-я Институтская ул., д. 6.  
Телефон: +7 (499) 170-10-80.  
E-mail: [simbirkin@eurosoft.ru](mailto:simbirkin@eurosoft.ru)



*Подпись руки В. Н. Симбиркина удостоверяю.*

*[Handwritten signature]*  
Главный специалист по персоналу  
С.А. Милославская

*20.09.2023*

## О Т З Ы В

**об автореферате диссертации Цацулина Ильи Владимировича "Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. – "Строительные конструкции, здания и сооружения"**

Работа посвящена актуальной и важной проблеме: исследованию влияния уровня пластических деформаций арматуры на напряженно-деформированное состояние изгибаемых железобетонных элементов при знакопеременных усилиях.

Структура автореферата: введение, четыре главы и общие выводы. Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цели и задачи исследования, оценивается научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость.

В первой главе представлен анализ проведенных ранее исследований, посвященных обоснованию принципов оценки деформаций арматуры на напряженно-деформированное состояние изгибаемых железобетонных элементов при знакопеременных усилиях.

Во второй главе представлены результаты экспериментальных исследований. Была изучена работа изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия. Также была проведена экспериментальная проверка основной научной гипотезы.

В третьей главе предложена основная научная гипотеза и приведены основные расчетные предположения и допущения.

Предложенный Цацулиным И.В. инженерный метод позволяет упрощенно определять деформации нормальных сечений, глубину остаточной трещины и величины усилий в бетоне и арматуре на всех стадиях знакопеременного нагружения.

В четвертой главе выполнен сопоставительный анализ опытных данных с результатами расчета в вычислительном комплексе, использующем метод конечных элементов SIMULIA Abaqus компании Dassault Systèmes.

В основных выводах указывается, что возможно снижение несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия с одновременным увеличением пластических деформаций арматуры.

Цацулиным И.В. было показано, что гипотеза плоских сечений в процессе деформирования не соблюдается. Распределение деформаций по высоте сечения можно аппроксимировать билинейной зависимостью.

Предложенный соискателем упрощенный инженерный метод расчета несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при смене знака усилия с учетом пластических деформаций арматуры, позволяет упрощенно определять деформации нормальных сечений, глубину остаточной трещины и величины усилий в бетоне и арматуре на всех стадиях знакопеременного нагружения.

По автореферату имеются следующие вопросы и замечания.

1. На стр. 18: "Разгрузка бетона происходит по прямым, параллельным касательной в начальной точке диаграммы " $\sigma - \epsilon$ ". Думается, необходимо указывать скорость разгрузки (возможно, даже

связать с сейсмическими колебаниями), которая существенно влияет на НДС железобетонной конструкции.

2. Вызывает вопрос, почему в теоретическом обосновании экспериментальных данных используются нормативные сопротивления (с обеспеченностью 0,95). Практика подобных исследовательских работ, например, в НИИЖБ, показывает, что целесообразнее использовать средние значения случайных величин, чтобы в дальнейшем корректно оценить надежность (доверительную вероятность, достоверность) формул.

Указанные выше замечания не снижают качество работы и являются пожеланием для их учета в дальнейших исследованиях.

В целом, диссертация Цацулина И.В. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, содержит новые научные результаты и развивает теорию и практику совершенствования расчетов сейсмостойких конструкций зданий и сооружений.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что Цацулин И.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. – "Строительные конструкции, здания и сооружения".

*Настоящим даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.*

Главный конструктор АО "ПОЛИТЕХСТРОЙ"  
(Москва), доктор технических наук (05.23.01 –  
Строительные конструкции, здания и сооружения)

А.И. Долганов

25.09.2023

Адрес АО "ПОЛИТЕХСТРОЙ": 123112, Москва,  
Пресненская наб., 8, стр. 1, Северный блок "Санкт-  
Петербург"

Тел. +7 495 137 70 62; e-mail:  
a.dolganov@polytechstroy.ru

Долганов Андрей Иванович

*Подпись Долганова Андрея Ивановича заверяю*

