

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ VIII

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
14 – 16 мая 2019 г.*

выпуск 23

Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева

**Новокузнецк
2019**

ББК 74.580.268
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор М.В. Темлянцев,
канд. техн. наук, доцент И.В. Зоря,
канд. техн. наук, доцент Е.А. Алешина,
канд. техн. наук, доцент А.П. Семин,
доцент О.В. Матехина

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019.- Вып. 23. - Ч. VIII. Технические науки. – 265 с., ил.-138 , таб.- 12.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. В восьмой части сборника рассматриваются актуальные проблемы строительства.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ахметзянов С.М.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Платонова С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: forsnesha@yahoo.com*

Термин «прогрессирующее разрушение», впервые был использован в докладе комиссии, расследовавшей причины разрушения в 22-этажном панельном доме Ронан Пойнт в Лондоне, произошедшего в 1968г. вследствие внутреннего взрыва газа на кухне квартиры на 19-м этаже [1]. Появление этого термина связано с особыми воздействиями природного и техногенного характера, возникающими в чрезвычайных ситуациях (ЧС).

Ключевые слова: железобетон, обрушение, безопасность, надежность.

Взрывные и ударные воздействия техногенного происхождения зачастую создают динамические нагрузки [2], значительно превосходящие несущую способность железобетонных конструкций и неизбежно приводящие к разрушению, особенно опасному, если оно касается вертикальных несущих элементов (колонн, пилонов, стен). Такую ситуацию можно определить как запроектную, и при её рассмотрении основным требованием является сохранение жизни людей путём обеспечения достаточного времени для их эвакуации из здания после возникновения ЧС. В этих случаях понятие безопасности трактуется как такое состояние строительного объекта, при котором отсутствует недопустимый риск. При этом степень допустимого риска, т.е. вероятность смертельного исхода, принимается 10^{-4} чел/год. При соответствующем обосновании возможно принятие более низких значений допустимого риска на уровне $(10^{-5} \div 10^{-6})$ чел/год).

Расчёт не в полной мере отражает действительные условия деформирования конструкций, поскольку не учитывает динамические эффекты, возникающие при движении системы с удалённым элементом, а также развитие пластических деформаций в материалах, которые могут быть допущены в локальных зонах конструкции, но лишь при условии, что она не обрушится. Расчёт каркаса здания с учётом динамических эффектов и пластических деформаций является весьма сложной проблемой [3], для исчерпывающего решения которой возможностей современных программных комплексов (как перечисленных выше, так и более продвинутых, с более развитыми решателями, библиотеками конечных элементов, с реализацией некоторых вариантов теорий прочности бетона) недостаточно.

Подобные задачи решают статическим расчётом в условно упругой стадии ослабленной несущей системы с использованием сертифицирован-

A tall, modern skyscraper with a glass facade and a prominent vertical structural element, standing next to a traditional brick building. The image is part of a presentation on the evolution of skyscrapers.

Для характеристики здания в целом при ЧС может быть использован «живучесть» [4], которым обозначается свойство конструкции выдерживать особым воздействиям без возникновения повреждений, не являющихся основной причиной, их вызвавшей. Здания, обладающие этим свойством, должны быть устойчивыми против ПР, а также взрывоустойчивыми при внутренних, так и при внешних взрывах.

Что касается сооружений иного типа, так называемых большепролетных сооружений - мостов, систем покрытий, работающих по плоской и пространственной схемам, то здесь положение менее определенное, и требуется

Что касается сооружений иного типа, так называемых большепролетных сооружений - мостов, систем покрытий, работающих по плоской и пространственной схемам, то здесь положение менее определенное, и требуются

углублённые исследования, направленные на изучение путей превращения разных вариантов локальных разрушений в глобальное, особенно при разработке новых конструктивных решений подобных сооружений.

Разрабатываются новые методы решения задач по обеспечению безопасности строительных объектов. Основной интерес - экономический - как с минимальными затратами обеспечить безопасность против ПР.

Существуют три направления по обеспечению нераспространения локального повреждения с превращением его в глобальное:

- ограничение уровня риска;
- повышение степени статической неопределимости системы;
- расчетно-конструктивные «ответы» на возможные повреждения.

Первое направление реализуется, как правило, властными структурами, которые в интересах безопасности и на основании неполной изученности новых конструктивных решений сооружений вводят повышенные значения коэффициентов безопасности. Недостаток такого подхода состоит в том, что аварийные воздействия изменяют статическую схему сооружения, и дополнительные расходы материалов зачастую оказываются неоправданными. Второе направление противоречит тенденциям современной архитектурной моды - увеличенным пролётам в помещениях различного назначения. Реализация третьего направления позволяет всем заинтересованным структурам осуществлять дифференцированный подход к сооружениям различного уровня ответственности и обеспечивать их безопасность в соответствии со значимостью и вероятностью возникновения ЧС.

Возможны три уровня требований и, соответственно, три варианта решения проблемы:

- здание (сооружение) после аварийного воздействия не получает повреждений за пределами локального участка;
- здание после аварийного воздействия сохраняет несущую способность, но становится непригодным к дальнейшей нормальной эксплуатации;
- здание после аварийного воздействия не пригодно к эксплуатации, но сохраняет свою форму (связность основных конструктивных элементов) в такой степени, что люди могут безопасно его покинуть.

Как показали тестовые расчёты, первый уровень требований - наиболее затратный, и он, как правило, не требует разработки новых расчётных методов. Второй и, особенно, третий уровень требований связаны с необходимостью изучения динамики упруго-пластических систем и нормирования предельных состояний конструкций в стадиях развития больших пластических деформаций. Такой подход применительно к железобетонным конструкциям позволяет обеспечить безопасную эвакуацию людей при возникновении аварийной ситуации в здании.

Для зданий с несложной топологией несущих систем разработаны аналитические методы расчёта на ПР в динамической постановке, основанные на предположении, что максимальные усилия и деформации возникают в

конструкциях перекрытия, расположенного непосредственно над удаляемой колонной (пилоном). Это допущение основано на анализе результатов численных расчётов каркасов зданий. Помимо этого принято, что усилия в колоннах, смежных с удаляемой на данном этаже, на работу рассматриваемого перекрытия практически не влияют. В данной постановке приведён динамический расчёт плоской рамы каркаса как модели с распределённой массой при внезапном разрушении одной из колонн.

Наиболее просто и эффективно динамический расчёт перекрытий различных конструктивных систем может быть выполнен с использованием динамической модели с сосредоточенными массами, расположенными в узлах сопряжения колонн с перекрытиями. Если внезапному разрушению подвергается одна из колонн нижнего яруса, другие колонны обеспечивают связь между массами. Метод упрощённого динамического расчёта ячейки монолитного железобетонного перекрытия, расположенной непосредственно над разрушенной колонной и представленной одномассовой моделью [5] с одной неизвестной физической координатой характеризующей поступательное движение узла перекрытия над удалённой колонной в упругой и пластической стадиях.

Существует и иной способ обеспечения несущей способности ячейки перекрытия, из-под которой в результате особого воздействия удалена колонна (пилон). Он заключается в создании для «зависших» колонн (пилон), расположенных над разрушенной колонной (в одном вертикальном створе с ней), условий работы на растяжение. Это может быть достигнуто путём устройства в многоэтажном или высотном здании отдельных усиленных перекрытий, расположенных не реже, чем через пять этажей, и запроектированных так, чтобы при возникновении ЧС их деформирование происходило лишь в пределах условно упругой стадии (без возникновения пластических деформаций в растянутой продольной арматуре). Следует отметить, что метод динамического расчёта такой системы в настоящее время отсутствует.

Б.С.Расторгуевым и его учеником Мутюка К.Н. с помощью динамического расчёта в пластической стадии получен ряд важных результатов для многоэтажных (до 10-ти этажей) рам, которые вполне удовлетворительно позволяют описать динамику необходимых при проектировании параметров напряжённо-деформированного состояния элементов конструкции при удалении одной из колонн.

В.О.Алмазовым [6-8] выдвинуто предположение, подтверждённое результатами выполненных динамических расчётов, что в каркасах с числом этажей более 10 пластическая стадия деформирования ригелей реализуется не одинаково в разных ярусах, и чем больше этажность, тем в меньшей степени в ригелях верхних ярусов проявляется пластичность при удалении колонны первого этажа. В связи с этим возникла необходимость в решении динамической задачи для системы, часть элементов которой деформируется в пластической стадии, а остальные - в упругой.

Статика и динамика монолитных и сборных каркасов существенно различны в силу конструктивных особенностей. Если для монолитных каркасов появилась некоторая ясность в вопросах их сопротивления ПР, то в узлах сборных конструкций, как правило, деформации реализуются особым образом. Это может приводить к «нестандартному» поведению каркасов, заканчивающемуся преждевременным разрушением.

Исходя из сказанного выше можно сделать вывод, что в задачах проектирования несущих систем многоэтажных зданий с учётом проблемы ПР намечились достаточно понятные перспективы. Однако, при решении аналогичных задач для так называемых большепролетных сооружений пока что есть лишь набор частных решений для мостов, покрытий общественных, спортивных и тому подобных сооружений, направленных на минимизацию последствий аварийной ситуации.

Особый интерес вызывают задачи сопротивления прогрессирующему разрушению сложных систем, состоящих из нескольких конструкций. Сегодня можно лишь констатировать, что аварийные ситуации в таких системах возникают при отсутствии ясности в понимании взаимодействия составляющих систему конструкций и закономерностей работы каждой из них. Наглядным примером такого печального результата является авария аквапарка «Трансвааль»

Описанные здесь динамические проблемы вызывают значительный интерес не только в России. За рубежом - в США, Великобритании, Китае, Японии, Германии и других странах также ведутся интенсивные исследования в этом направлении.

Библиографический список

1. Повреждения зданий / Сокращённый пер. с англ. Г.А.Ивановой под ред. И.А.Петрова. - М.: Стройиздат, 1982. - 143с.

2. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия : СНиП 2.01.07-85: взамен СНиП II-6-74: введ. 01.01.87 / Госстрой СССР. – Изд. офиц. – Москва : Госстрой СССР, 1987. – 35 с.

3. Лепешкина Д.О. ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ ОБРУШЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. LXI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 1(60). URL: [https://sibac.info/archive/technic/1\(60\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/1(60).pdf) (дата обращения: 12.06.2019)

4. Райзер, В.Д. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ В АНАЛИЗЕ НАДЕЖНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ СООРУЖЕНИЙ : монография. – Москва : АСВ, 2018. – 396 с. – ISBN 978-5-4323-0254-0. – URL: [http:// www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432302540.html](http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432302540.html).

5. ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ : монография / Джинчвелашвили Г.А., Мкртычев О.В., Ковальчук О.А. [и др.]. – Москва : АСВ, 2018. – 300 с.

– ISBN 978-5-4323-0204-5. – URL: [http://www.studentlibrary.ru /book/ISBN9785432302045.html](http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432302045.html).

6. Алмазов В.О. Сопротивление прогрессирующему разрушению: расчёты и конструктивные мероприятия // Вестник ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко «Исследования по теории сооружений» №1(XXV1), 2009. – С.179-194.

7. Алмазов, В.О. Проектирование железобетонных конструкций по Евронормам : монография. – Москва : АСВ, 2011. – 216 с. – ISBN 978-5-93093-502-8. – URL: [http://www.studentlibrary.ru/book ISBN9785930935028. html](http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930935028.html).

8. Алмазов, В.О. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов : монография / Алмазов В.О., Зуй К.К. – Москва : АСВ, 2013. – 128 с. – ISBN 978-5-93093-940-8. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939408.html>.

УДК 624.012.3

К ВОПРОСУ О РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕКРЫТИЙ

Воробьёв В.С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Платонова С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: 5viesta_2010@mail.ru*

Строительные конструкции старого жилищного фонда не только устарели морально, но и физически. При проведении капитального строительства обнаруживается, что перекрытие находится в аварийном состоянии и требуют замены. Возникает необходимость устройства нового перекрытия. Наиболее простым является железобетонное перекрытие по металлическим балкам с использованием профилированного листа в качестве несъёмной опалубки.

Ключевые слова: строительство, железобетонное перекрытие, металлическая балка, анкерные упоры.

В процессе эксплуатации жилищного фонда строительные конструкции устарели не только морально: качество инженерного оборудования не соответствуют современным нормам, но и физически – отдельные виды конструкций исчерпали свой эксплуатационный период и не способны больше отвечать стандартам прочности, надежности, безопасности возложенным на них в момент строительства и эксплуатации. Наиболее важными причинами физического износа являются время, длительный период использования, несвоевременный капитальный ремонт и ненадлежащий уход за жилищным фондом [1].

При проведении капитального ремонта обнаруживается, что существующие несущие балки находятся в аварийном состоянии и в дальнейшем

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Часть VIII

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Выпуск 23

Под общей редакцией

М.В. Темлянцева

Технический редактор

Г.А. Морина

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

В.Е. Хомичева

Подписано в печать 21.11.2019 г.

Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 15,1 Уч.-изд. л. 16,9 Тираж 300 экз. Заказ № 313

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Издательский центр СибГИУ