

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕРКИ ЖИВУЧЕСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ В ОСОБЫХ РАСЧЕТНЫХ СИТУАЦИЯХ, ОСНОВАННАЯ НА КОНЦЕПЦИИ «PERFORMANCE BASED DESIGN (PBD)». ЧАСТЬ 2

канд. техн. наук, доц. А.В. ТУР
(Брестский государственный технический университет)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9744-9044>

Подходы к проектированию и/или проверкам конструктивных систем в особых расчетных ситуациях, включенные в предписывающие нормативно-технические документы, не только не имеют единой методологической основы, но в ряде случаев устанавливают не связанные между собой проверочные критерии и форматы безопасности. Применительно к проверкам конструктивных систем в особых расчетных ситуациях наиболее рациональным можно считать подход к проектированию, основанный на отклике/поведении (англ. *performance based design*) конструктивной системы, или еще другими словами – выходном результате (англ. *outcomes-based design*), общие положения которого для условий проектирования конструктивных систем из железобетона изложены в *fib MC 2020*. Согласно этому документу, *performance-based design* – инженерный подход к проектированию элементов здания на основе согласованных проектных целей и задач, инженерного анализа и количественной оценки соответствия альтернатив поставленным целям и задачам проектирования с использованием принятых инженерных инструментов, методологий и критериев приемки выходного результата. В статье представлены основные положения новой парадигмы проектирования конструктивных систем, основанного на выходном результате.

Ключевые слова: живучесть, особая расчетная ситуация, проектирование, основанное на результате, отклик конструкции, уровень повреждения.

Многоуровневая система требований, основанных на результате. Процесс многоуровневого проектирования зданий на основе поведения конструкции, связанного с ее использованием, включает следующие основные этапы:

- установление, сбор и формулирование основных вербальных и качественных требований пользователей к возведенному зданию, в том числе при/после реализации особого воздействия;
- преобразование вербальных качественных требований, сформулированных пользователями, в технические требования к эксплуатационным качествам (состояниям) и количественные критерии для оценки их поведения конструктивной системы в процессе проектирования;
- оценка соответствия технических характеристик конструктивных решений заявленным критериям соответствия с использованием надежных инструментов, включая вероятностный анализ и анализ рисков.

Строительный объект представляет собой многокомпонентную систему, имеющую, как правило, относительно продолжительный жизненный цикл. Программа проектирования конструктивной системы в целом и более конкретные цели проектирования ее частей исходят из соответствующих требований, сформулированных пользователем. Эти требования превращаются в набор требований к конкретным техническим параметрам законченного здания, которые, как отмечалось ранее, должны быть установлены с участием всех заинтересованных сторон. Упрощенная блок-схема процесса проектирования, основанного на выходном результате для полного жизненного цикла, показана на рисунке 1.

Формулирование основных требований к поведению конструкции, связанному с ее использованием, в качестве альтернативы нынешним предписывающим нормам, согласно *fib Model Code 2020*¹, основано на рассмотрении четырех основных уровней взаимосвязанных требований, технических спецификаций, результатов испытаний, т.е. требований, основанных на результатах (англ. *outcomes-based requirements*), а именно (см. рисунок 2):

Уровень 1. Требования наиболее высокого уровня, основанные на результатах, формулируемых владельцем и пользователем/заинтересованными сторонами.

Наиболее важной отправной точкой новой парадигмы проектирования является точное определение согласованных требований к выходному результату/отклику. Заинтересованные стороны должны установить требования к целям, которым конструкция или элемент конструкции должны отвечать в течение жизненного цикла. Потребности заинтересованных сторон, а также установленные законом ограничения и требования нормативных документов являются основой для определения/формулирования требований к параметрам отклика конструкции или выходному результату. Соответственно, выполнение требований к отклику/результату относится к выполнению основных требований заинтересованных сторон.

¹ *fib Model Code for Concrete Structures 2020* // International Federation for Structural Concrete. – Lausanne, 2023. – 780 p.



Рисунок 1. – Схема проектирования здания на основе методологии «performance-based design» с учетом обеспечения требований полного жизненного цикла согласно *fib Model Code 2020*²



Рисунок 2. – Упрощенная схема многоуровневого подхода к проектированию на основе выходного результата для полного жизненного цикла здания с акцентом на блоки «Требования»-«Верификация» согласно *fib Model Code 2020*³

² См. сноску 1.

³ См. сноску 1.

В основном это качественные требования, и их трансформация в количественную оценку является особым шагом в процессе проектирования. Функциональная концепция предполагаемого строительного сооружения, излагаемая пользователем, зачастую представляет собой набор неопределенных в количественном выражении целей и требований, которым должны удовлетворять принимаемые конструктивные решения и которые далее должны быть преобразованы в требования к конкретным параметрам отклика (см. рисунок 2). Требования пользователей выражаются в средствах и условиях функционирования, под которые проектируют здание в соответствии с назначенной целью, независимо от того, где оно расположено.

При определении основных требований, основанных на результате, следует иметь в виду, что профиль пользователя может содержать широкий круг лиц, включая постоянных пользователей здания, посетителей, персонал здания, персонал в зданиях, предоставляющих общественные услуги, животных в зданиях сельскохозяйственного назначения. В соответствии с положениями стратегии устойчивого развития, требования заинтересованных сторон должны быть сформулированы с учетом всех трех основных компонентов стратегии устойчивого развития и аспектов поведения конструкции, связанного с ее использованием (социального, экологического и экономического аспектов отклика).

Уровень 2. Требования, формулируемые техническими консультантами, инженерами и другими специалистами по разработке, оценке и т.д., а также составление технических спецификаций конечных характеристик конструкции. Технические консультанты, инженеры и другие специалисты должны быть в состоянии преобразовать/трансформировать требования, основанные на выходном результате более высокого уровня, сформулированные владельцем/пользователем/заинтересованными лицами в детализированные стратегии и технические спецификации, содержащие требования к конечному результату, используя соответствующие параметры и критерии, которые позволяют оценить, были ли выполнены требования/спецификации к результату для конкретной конструкции;

Уровень 3. Требования на уровне технической спецификации исполнения для подрядчика. Подрядчики должны иметь возможность использовать соответствующие технические спецификации, основанные на результате проектирования конструкции с тем, чтобы они могли выбирать и закупать требуемые материалы и/или производимые индустриально системы и изделия у своих поставщиков и использовать соответствующие процессы строительства (возведения) при создании требуемой конструкции/построенного актива/функциональной системы, создание/адаптацию/обновление которой им поручено. Требуемые характеристики должны быть связаны с соответствующими процедурами испытания материалов, изделий, конструкций с тем, чтобы можно было бы подтвердить, что требуемые в проекте технические характеристики были достигнуты с желаемой степенью уверенности/обеспеченности (надежности);

Уровень 4. Требования на уровне поставщиков материалов и производителей изделий, конструкций и систем. Поставщикам материалов и производителям изделий и систем необходимы соответствующие спецификации, основанные на параметрах результата, выраженные в технических характеристиках с тем, чтобы они могли предоставлять подходящие материалы, изделия и системы.

Четырехуровневая схема представляет собой систему перекрывающихся требований и спецификаций, основанных на характеристиках поведения/состояния или результатах, фокус которых смещается от широких операционных целей более высокого уровня, согласованных с целями владельца и желаниями пользователей (уровень 1), к более конкретным и узким целям инженерно-технической разработки проекта строительного сооружения (уровень 2), уделяя при этом особое внимание все более подробным аспектам контрактных и технических характеристик (уровни 3 и 4). Упрощенная модель такого подхода показана на рисунке 2. На рисунке 3 представлена общая схема подхода, основанного на требованиях к выходному результату при проектировании новых конструкций с акцентом на «Требованиях» и аспектах «Проверки». При этом отражается разделение общих требований владельца и заинтересованных сторон к показателям устойчивого развития для конструкции на соответствующие технические параметры/характеристики.

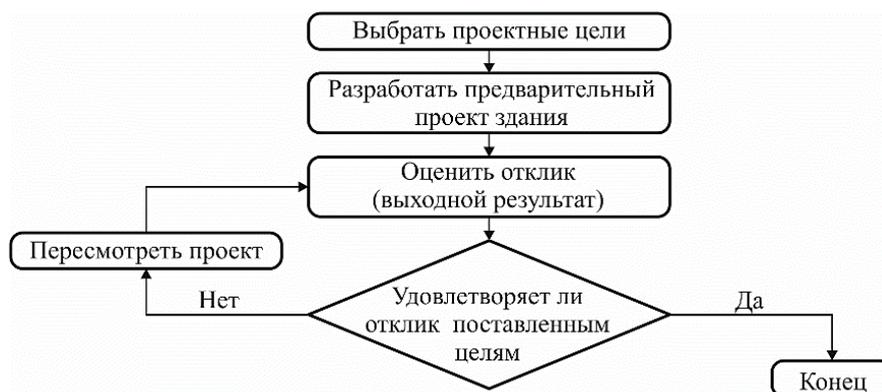
Структура процедур проектирования нового поколения, основанных на выходном результате. Процедуры проектирования нового поколения, основанные на отклике, разрабатывают с использованием хорошо апробированной аналитической процедуры оценки рисков, которая включена в программные пакеты для анализа рисков, широко используемые, например, в страховой отрасли и других сферах. Процедуру используют для оценки возможности возникновения прямых убытков (например, затрат на ремонт), человеческих жертв и простоев (времени прерывания эксплуатации) из-за особых воздействий для отдельных зданий и могут применять как к новым, так и к существующим зданиям. Технические детали системы для оценки потерь в зданиях при применении процедуры нового поколения описаны, например, в FEMA 445⁴.

Рассмотрим последовательно выполнение процедуры проектирования в соответствии с новой парадигмой, разделив ее на характерные этапы (рисунок 3).

Этап 1. Выбор проектных целей.

Процесс начинается с выбора расчетных критериев проектирования, указанных в форме одной или нескольких проектных целей, связанных с откликом/результатами.

⁴ FEMA 445. Next Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines. – Washington, 2006. – 155 p.

Рисунок 3. – Блок-схема проектирования в соответствии с FEMA 445⁵

Как было показано выше, на уровне 1 заинтересованные стороны должны установить требования к целям (или целевым показателям отклика), которым конструкция или элемент конструкции должны отвечать в течение жизненного цикла, а также к функциям/приемам, критериям состояний, которые обеспечивают достижение этих целей. Цель может быть довольно простой, как, например, обеспечение безопасной эвакуации жильцов/пользователей здания во время пожара или ограничение ущерба и минимизация эксплуатационных и экологических последствий в случае взрыва бытового газа. Эти цели должны быть согласованы всеми заинтересованными сторонами, имеющими отношение к проекту, включая владельца, команду проектировщиков, пользователя, страховую компанию и т.д.

При проверке конструктивной системы в особой расчетной ситуации целью проектирования на основе данного подхода должно быть заявление о приемлемом риске и выявление серьезного уровня ущерба, косвенных убытков, которые могут возникнуть в результате этого ущерба. Следует еще раз подчеркнуть, что при традиционном предписывающем подходе инженер использует правила и положения норм для проектирования и конструирования элементов, а точнее, критических сечений и соединений с тем, чтобы обеспечить конструкционную безопасность без отнесения ее к определенному уровню отклика/повреждения конструктивной системы или ее элемента (проектирование по принципу: «так записано в нормах»).

Для оценивания соответствия отклика проектным целям в рамках новой парадигмы проектирования предложено применять т.н. целевой показатель отклика.

В процедурах проектирования, основанных на результатах, целевой показатель отклика – это заявление о приемлемом риске возникновения несчастных случаев, прямых экономических убытков (расходов на ремонт) и времени простоя, связанного с ремонтом или заменой поврежденных конструктивных и неконструктивных элементов здания, при указанном уровне опасности/особого воздействия. Целевые показатели отклика могут быть сформулированы в трех различных форматах риска.

Целевой показатель отклика, основанный на интенсивности особого воздействия, представляет собой количественную оценку приемлемого уровня потерь с учетом установленной интенсивности особого воздействия. Примером целевого значения, основанного на интенсивности, сформулированного заинтересованными сторонами применительно к сейсмическим воздействиям, может быть утверждение о том, что в случае землетрясения со средней интенсивностью, определенной для периода повторяемости 475 лет, стоимость ремонта не должна превышать 20% от восстановительной стоимости здания, не должно быть человеческих жертв или серьезных травм, а перерыв в эксплуатации не должен превышать 30 дней.

Целевой показатель отклика, основанный на сценарии, – это количественная оценка допустимого уровня потерь при условии, что будет реализована конкретная угроза. Примером цели, основанной на сценарии, сформулированной заинтересованными сторонами, может быть утверждение, что в случае удара транспортного автодорожного средства весом 160 кН в колонну здания, затраты на ремонт не должны превышать 5% от стоимости восстановления здания, не должно быть человеческих жертв или серьезных травм, а эксплуатация здания не должна прерываться более чем на неделю.

Целевой показатель отклика, основанный на временном интервале/факторе, представляет собой количественную оценку допустимой вероятности того, что в течение определенного периода времени будет достигнут или превышен заданный уровень потерь, с учетом перечня всех опасных событий, которые могут повлиять на здание в этот период, и вероятности (частоты) появления каждого из них. Примером цели, основанной на временном факторе, является утверждение, что вероятность того, что в течение 50 лет в здании погибнут люди из-за ущерба, нанесенного особым воздействием, составит менее 2%. В среднем ежегодные затраты на ремонт здания после особого воздействия не должны превышать 1% от стоимости восстановления, а средний период после восстановления и перерыва в эксплуатации, превышающего один день, должен составлять 100 лет.

⁵ См. сноску 4.

После того, как цели установлены, для их достижения применяют средства и методы, которые являются специфичными и уникальными для каждого отдельного здания, как это определено в ходе инженерного анализа. Обычно в качестве инструментов, применяемых для демонстрации соответствия, используется сочетание анализа опасностей/рисков и методов компьютерного моделирования для выявления степени повреждений конструктивной системы.

В процессе проектирования, основанного на требованиях к целевым показателям отклика конструктивной системы, явно оценивают, каким образом строительное сооружение может работать в различных условиях, связанных с потенциально опасными событиями. Этот процесс учитывает неопределенности, присущие количественному определению частоты и масштаба потенциальных опасных событий (опасностей/угроз), а также оценке фактической реакции/отклика конструктивной системы при приложении прогнозируемого потенциального воздействия, и влияние установленных неопределенностей поведения системы на функциональность зданий. Определение уровней повреждения конструктивной системы является неотъемлемой частью процесса проектирования и обосновывает проектные решения, которые следует принимать на вариантной основе.

Этап 2. Разработка предварительного проекта здания.

Предварительный проект здания включает в себя определение ряда важных характеристик этого здания, которые могут существенно повлиять на выходные параметры здания. Эти характеристики включают в себя:

- местоположение и характер участка на генплане;
- конструктивное решение здания, включая конфигурацию, количество этажей, высоту этажа, расположение плит перекрытия на каждом этаже и т.д.;
- основная конструктивная система, например, железобетонный или стальной каркас, несущие стены из каменной кладки;
- наличие каких-либо защитных технологий или устройств, например, сейсмоизоляторов, устройств для рассеивания энергии или элементов, устойчивых к повреждениям;
- приблизительные размеры и расположение различных конструктивных и неконструктивных компонентов и систем, а также описание способа их установки и совместной работы.

Выбор подходящей концепции предварительного проектирования важен для эффективной реализации процесса проектирования, ориентированного на выходной результат. Неподходящие концепции предварительного проектирования могут привести к многочисленным итерациям до тех пор, пока не будет найдено приемлемое решение, или к решениям, которые не соответствуют целям.

В настоящее время у инженеров довольно мало ресурсов, на основе которых можно было бы создать предварительный проект для достижения заданной цели. Некоторые могут ссылаться на действующие строительные нормы, другие – на процедуры проектирования, основанные на выходном результате, а третьи могут использовать интуитивный подход.

Этап 3. Оценка отклика.

После разработки предварительного проекта выполняют ряд симуляций (анализов реакции здания на воздействии) для оценки вероятных откликов здания. Оценка результирующих показателей отклика включает следующие действия:

- определение уровня опасности/угрозы;
- анализ конструкции для определения ее вероятной реакции/отклика и эффектов воздействий, передаваемых на поддерживаемые неконструктивные элементы в зависимости от интенсивности воздействия. В случае проверки живучести поврежденной конструктивной системы, численное моделирование следует выполнять с использованием методов нелинейного анализа;
- определение вероятного ущерба, который может быть нанесен конструкции при различных уровнях отклика/реакции конструктивной системы;
- определение вероятного ущерба, который может быть нанесен неконструктивным элементам в зависимости от отклика конструкции и неконструктивных элементов;
- определение потенциальных потерь в результате несчастных случаев, разрушения зданий и потери рабочих мест в зависимости от ущерба, нанесенного конструкции и неконструктивным элементам;
- расчет ожидаемых будущих потерь в зависимости от интенсивности, отклика/реакции конструкции и неконструктивных элементов, а также связанного с этим ущерба.

Оценка отклика основана на предположениях о ряде факторов с высокой степенью неопределенности. К этим факторам относятся:

- качество строительства и состояние здания на момент появления особого воздействия;
- фактическая прочность различных материалов, конструкций и их соединений, использованных в здании;
- характер использования здания на момент появления особой расчетной ситуации, типы усовершенствований, которые могут быть сделаны арендаторами, насколько эти усовершенствования могут быть чувствительны к особому воздействию, а также терпимость арендаторов к работе в менее идеальных условиях;
- наличие проектировщиков и подрядчиков для проведения ремонта после появления особого воздействия;
- эффективность действий владельца при получении необходимой помощи для оценки и устранения повреждений.

Выполнение требований к параметрам отклика устанавливаются с помощью критериев соответствия, участвующих в них ограничений, связанных со сроком службы и целевым уровнем надежности. Требования к результирующим параметрам поведения удовлетворяются, если все соответствующие критерии будут выполнены в течение назначенного срока службы при требуемом уровне надежности.

Критерии соответствия для отклика могут представлять собой сбалансированные количественные или качественные ограничения, определяющие границу между желаемым и неблагоприятным состоянием, актуальным для конкретного аспекта поведения. Критерии оценки соответствия отклика зависят от конкретных потребностей заинтересованных сторон в определенной конструкции.

Процедуры, включенные в нормы *fib Model Code 2020*⁶, характеризуют оценки состояния здания/конструктивной системы на дискретных уровнях, соответствующих конкретным уровням повреждений при действующих нагрузках. В нормах *fib Model Code 2020*⁷ эти уровни предельных состояний только качественно описывают степень ущерба, который может получить здание, но не имеют количественного определения с точки зрения их важности для заинтересованных сторон, разделяя их на предельные состояния несущей способности и эксплуатационной пригодности.

Для полной оценки отклика требуются статистические данные о взаимосвязи между опасностью, реакцией здания, ущербом и, следовательно, монетарными потерями (рисунок 4).

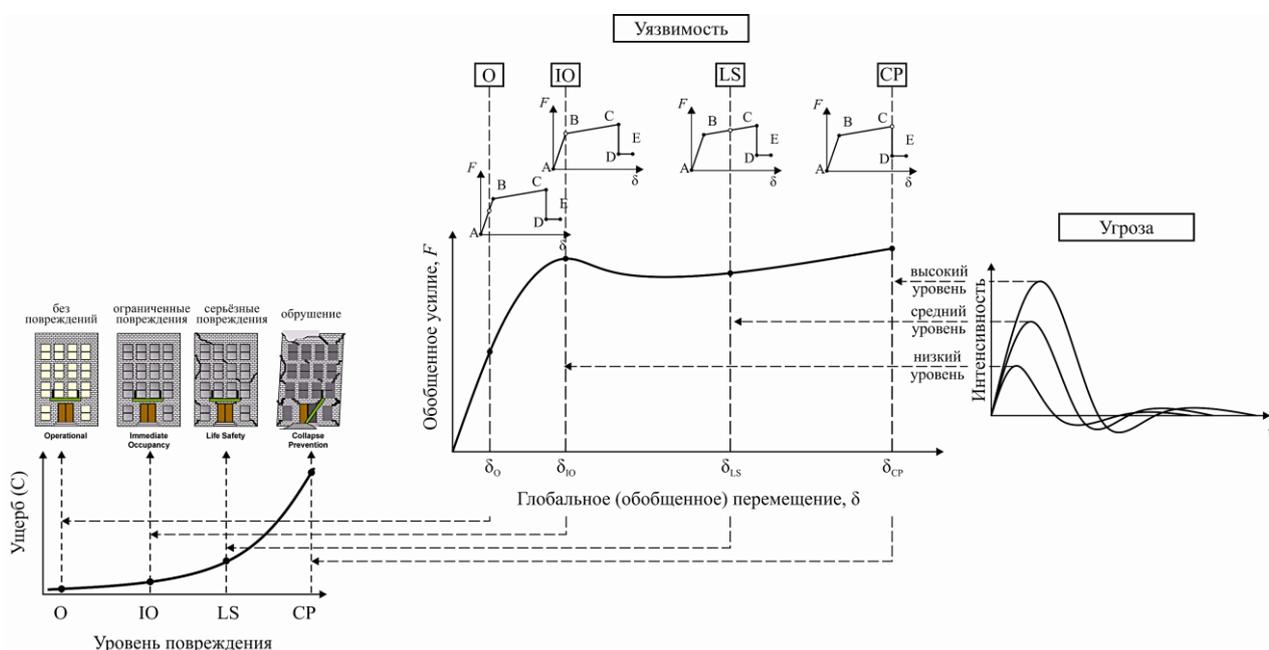


Рисунок 4. – Концепция проектирования конструктивной системы в особой расчетной ситуации на основе триады «угроза-реакция-последствия»

В общем смысле этот процесс включает в себя формирование четырех типов вероятностных функций, которые называются соответственно: функции опасности, функции реакции (откликов) конструктивной системы, функции ущерба/повреждений и функции потерь, а также математические действия с этими функциями для оценки вероятных потерь.

Функции опасности/угрозы – это математические выражения вероятности того, что здание подвергнется особому воздействию различной интенсивности; интенсивность может быть выражена в терминах пикового ускорения грунта, спектрального ускорения, давления от взрыва, усилия от удара транспортного средства или аналогичных параметров. При отсутствии обоснованных данных об идентифицированных воздействиях, производят вынужденное удаление поддерживающих элементов, определяя критические случаи нагружения.

Функции откликов – это математические выражения условной вероятности возникновения различных уровней отклика здания (различных состояний) при различных уровнях интенсивности особого воздействия или особого сочетания воздействий. Реакция здания выражается в виде вычисляемых параметров, полученных в результате конструктивного анализа, включая смещения этажей, усилия, действующие на элементы, требования к пластическим углам поворота в соединениях и вертикальным перемещениям, ускорения на этажах и аналогичные параметры. Расчетные параметры получают в результате конструктивного анализа здания при различных уровнях интенсивности воздействий в особой расчетной ситуации.

⁶ См. сноску 1.

⁷ См. сноску 1.

Функции повреждений – это математические выражения условной вероятности того, что здание в целом или отдельные конструктивные и неконструктивные элементы будут повреждены на разных уровнях, при условии, что будут наблюдаться разные уровни реакции/отклики здания. Функции повреждений обычно устанавливают с помощью лабораторных испытаний, аналитического моделирования или сочетания этих методов.

Функции потерь – это математические выражения условной вероятности возникновения различных потерь, в том числе человеческих жертв, затрат на ремонт и замену, а также перерывов в работе, при условии, что будет нанесен определенный ущерб.

Математические операции с этими функциями могут принимать различные формы. Для некоторых типов оценки отклика можно разработать решения в замкнутой форме, которые позволят напрямую рассчитать потери. Для других типов оценки может потребоваться численное интегрирование или анализ по методу Монте-Карло.

Этап 4. Доработка проекта.

Если смоделированные показатели отклика соответствуют или превосходят целевые показатели, проект завершен. В противном случае проект необходимо дорабатывать в ходе итеративного процесса до тех пор, пока не будут достигнуты целевые показатели.

Таким образом, предлагаемая методология, представляет собой процедуру проектирования нового поколения, основанную на поведении конструктивной системы, связанной с ее использованием, имеющую следующие усовершенствования по сравнению с процедурами, содержащимися в нормах первого поколения FEMA 445⁸:

– требования к выходным параметрам здания обсуждаются с использованием показателей, которые более удобны и важны для заинтересованных сторон, включая стоимость ремонта, время ремонта, воздействие на окружающую среду, нежелательную рекламу и безопасность жизнедеятельности. Эта информация позволяет заинтересованным сторонам принимать более обоснованные решения в отношении соответствующих параметров отклика здания;

– требования к параметрам поведения конструкции, связанного с ее использованием, выражают, как правило, в вероятностных терминах, с учетом неопределенностей, присущих прогнозированию как характеристик особого воздействия, так и сопротивлений. Показатели состояния конструктивной системы при особых воздействиях представлены функциями многих факторов, практически все из которых являются неопределенными, в том числе: (1) интенсивность особого воздействия; (2) его место приложения и продолжительность; (3) реакция конструктивной системы здания; (4) содержимое/наполнение здания, присутствие людей во время появления угрозы; (5) поведение конструктивной системы здания после реализации угрозы, а также (6) действия, предпринимаемые органами власти, владельцами, специалистами по проектированию и подрядчиками. Заранее точно предсказать поведение здания при появлении предполагаемого особого воздействия практически невозможно. В связи с этим все оценки предлагается выполнять на вероятностной основе.

Требования к параметрам отклика проверяют посредством критериев соответствия поведения конструкции, связанного с ее использованием. Критерии соответствия для отклика могут представлять собой сбалансированные количественные или качественные ограничения, определяющие границу между желаемым и неблагоприятным состоянием, актуальным для конкретного аспекта поведения. Критерии оценки соответствия отклика зависят от конкретных потребностей заинтересованных сторон в определенной конструкции.

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Новая парадигма проектирования, основанного на параметрах поведения строительного сооружения, связанного с его использованием, обеспечивает возможность внедрения концепции оценивания и сравнения рисков в процессе проектирования конструкций/конструктивных систем для информирования заинтересованных сторон о их количественных значениях.

2. Данная концепция проектирования строительного сооружения уже получила признание в сейсмостойком и противопожарном проектировании, где стимулы для ее принятия в качестве альтернативы традиционным предписывающим методам носят, главным образом, ярко выраженный экономический характер.

3. Настоящие исследования направлены на расширение данного подхода применительно к другим видам угроз, в частности связанных с природными явлениями и взрывами, террористическими и криминальными атаками на здания, а также на разработку процедур проектирования, в которых риски, связанные с конкурирующими угрозами, должным образом сбалансированы, а инвестиции в снижение рисков могут быть надлежащим образом направлены и принесут выгоду в процессе безопасной эксплуатации строительного сооружения.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках отдельного проекта научно-исследовательской работы Министерства образования Республики Беларусь «Разработка методики установления допустимых значений мер надежности в критериях живучести поврежденных конструктивных систем из железобетона, применяемых при проверках их устойчивости к прогрессирующему обрушению от чрезвычайных воздействий» (№ гос. регистрации 20231582).

Поступила 30.11.2024

⁸ См. сноску 4.

PERFORMANCE BASED DESIGN METHODOLOGY FOR VERIFICATION THE ROBUSTNESS OF STRUCTURAL SYSTEMS IN ACCIDENTAL DESIGN SITUATIONS. PART 2**A. TUR****(Brest State Technical University)**

Approaches to the design and/or checking of structural systems in accidental design situation included in prescriptive regulatory and technical documents not only do not have a single/uniform methodological basis, but in some cases establish unrelated verification criteria and safety formats. With regard to checking of structural systems in accidental design situations, the most rational approach to design can be considered based on the response/behavior (performance based design) of a structural system or, in other words, the output result (outcomes-based design), the general provisions of which for the design conditions of RC – structural systems are set out in fib MC 2020. According to this document, performance-based design is an engineering approach to the design of building elements based on agreed design goals and objectives, engineering analysis and quantitative assessment of the compliance of alternatives with the set design goals and objectives using accepted engineering tools, methodologies and criteria for acceptance of the output/outcomes result. The article presents the main provisions of the new paradigm of designing constructive systems based on the output result.

Keywords: *robustness, accidental design situation, performance-based design, response, damage level.*