

УДК 614.8

© Шиянов С.М., Шепелина П.В., Куранцов В.В., Кормилицин А.И.  
Shiyanov S., Shepelina P., Kurantsov V., Kormilitsin A.

## О ЖИВУЧЕСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### THE TENACITY OF THE BEARING STRUCTURE COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

**Аннотация.** В статье приводится информация о проблемах моделирования безопасности сложных технических систем. Моделирование сложных технических систем позволяет исследовать особенности их функционирования в различных условиях.

**Annotation.** This article provides information about the problems of modeling safety of complex technical systems. Modeling of complex technical systems allows you to explore the features of their functioning in different environments.

**Ключевые слова.** Конструкция, сооружение, потенциально опасные объекты, безопасность сложных систем, авария, катастрофа, чрезвычайная ситуация, окружающая среда, моделирование, надежность системы.

**Key words.** The design, construction, potentially dangerous objects, the safety of complex systems, emergency, disaster, emergency, environment, modeling, system reliability.

Некоторая информация о безопасности несущих конструкций сложных технических систем представлена в работах [1,2].

В рамках теорий безопасности технических систем идет процесс формирования системы количественных показателей живучести и безопасности. Количественные характеристики живучести могут быть наиболее быстро внедрены в проектные расчеты. Это требует четких качественных и количественных алгоритмов оценки. Для этого предлагается ряд характеристик живучести и методов их оценки.

Следует различать общие и специальные показатели живучести. Эти характеристики нужны для рассмотрения конструкции как единого целого, системы взаимодействующих элементов. В этом случае оказывается, что структура системы – один из наиболее важных факторов формирования ее живучести.

Показатели живучести будем рассматривать режи-

мом функционирования конструкции за пределами номинальных условий работы.

Первый режим функционирования связан инициализацией аварийной ситуации. Этот режим кратковременный по длительности, в течение которого проектные параметры конструкции выходят за пределы допустимых значений.

Второй режим функционирования связан с развитием аварийной ситуации. Этот режим произвольной длительности, в течение которого происходит деградация конструкции до полной потери прочности, несущей способности и конструкционной целостности.

Конструкция может обладать системным запасом прочности в том случае, когда вследствие структурной избыточности, повышенных запасов прочности отдельных элементов конструкция оказывается слабо чувствительной к возникновению локальных повреждений и разрушений.

---

Шиянов Сергей Михайлович – аспирант Российского университета Дружбы народов;  
Шепелина Полина Валерьевна – аспирантка Российского университета Дружбы народов;  
Куранцов Валентин Викторович – аспирант Российского университета Дружбы народов;  
Кормилицин Артем Игоревич – аспирант Российского университета Дружбы народов, тел. 8-926-567-05-58.

Shiyanov Sergei – graduate student of the Russian Peoples' Friendship University;  
Shepelina Polina – PhD student of the Russian Peoples' Friendship University;  
Kurantsov Valentin – graduate of the Russian Peoples' Friendship University;  
Kormilitsin Artem – graduate of the Russian Peoples' Friendship University, tel. 8-926-567-05-58.

В случае возникновения повреждений и потери несущей способности отдельных элементов происходит такое перераспределение внутренних силовых факторов, что во всех оставшихся элементах конструкции классические запасы прочности оказываются в допустимых пределах, вследствие чего режим инициации аварийной ситуации просто не возникает.

В предположении хрупкого состояния материала задача оценки системного запаса прочности сводится к моделированию разрушения отдельных несущих элементов системы, которое обеспечивается удалением их из модели. При этом выполняется поиск наиболее нагруженного элемента с наименьшим запасом прочности, который и можно считать системным запасом.

Для вязкого состояния материала выполняется серия вычислительных экспериментов со снижением характеристик жесткости материала в предполагаемых разрушенными элементами конструкций. В этом случае для качественной оценки системного запаса прочности можно рассматривать силовые или геометрические характеристики.

Учет распределенной дефектности выполняется следующим образом. При отсутствии априорной информации о вероятностных характеристиках дефекта, максимально допустимой по действующим нормам дефектоскопии, в явном виде вводят в наиболее нагруженные зоны конструкции. При известном вероятностном распределении параметров дефекта выполняется генерация случайным образом распределенной дефектности в соответствии с данным распределением. В этом случае системный запас прочности определяется с учетом концентрации напряжений в области дефектов.

Под характеристиками живучести предлагается понимать свойства конструкции сопротивляться переходу в режим развития аварийной ситуации.

Проектные расчеты живучести тесно связаны с развитием понятия расчетного случая при проектировании. Выбор расчетных схем играет особую роль при проектировании крупногабаритных пространственных конструкций. Это связано с тем, что нужно учитывать все возможные случаи граничных условий и нагрузок. Если не учитывать все возможные случаи граничных условий и нагрузок, то могут быть случаи катастрофического последствия, выраженные в последовательном разрушении всей системы. Для этого целесообразно расширить понятие расчетного случая. Предполагается включать в расчетный случай не только так называемые аварийные комбинации нагрузок, но и рассматривать в качестве вероятной ситуации разрушение одного несущего элемента. Это предоставляет возможность на этапе проектиро-

вания проанализировать возможные сценарии развития аварийной ситуации и исключить возникновение «эффекта домино», то есть неуправляемого катастрофического развития разрушений всей системы.

Наличие значительного числа изменений состояния системы до перехода ее в предельное состояние свидетельствует о ее живучести и сопротивляемости развитию аварийной ситуации.

В данном случае можно сформулировать некоторые общие принципы, реализация которых в несущих конструкциях технических систем на этапах их проектирования и эксплуатации позволит предотвратить катастрофическое развитие аварийных ситуаций или значительно снизить ущерб от их возникновения. Можно выделить следующие принципы.

Принцип слабого звена. В случае возникновения нештатных ситуаций этот элемент разрушается на ранних стадиях перегрузок, не допуская разрушения ответственных базовых узлов и деталей.

Принцип допустимых потерь, который реализуется путем ликвидации интенсивно деградирующей подсистемы в целях выживания и сохранения минимальной работоспособности всей системы.

Принцип изменения интенсивности рабочих процессов, который сводится к целенаправленному изменению на расчетную величину ряда главных параметров системы, что позволяет резко снизить интенсивность деградации и распространение повреждений в системе.

Принцип приспособляемости, который представляет собой способность системы частично или полностью компенсировать возникшие повреждения и отклонения от нормы.

Принцип восстанавливаемости, который заключается в реализации системой способности самостоятельно ликвидировать повреждения или компенсировать их другими способами.

Принцип локализации разрушающих воздействий, который позволяет выстраивать механизмы, ограничивающие зоны повреждений, возникшие на начальной стадии аварийной ситуации.

Определение параметров и обеспечение живучести несущих конструкций требуют комплексного подхода для обеспечения безопасности технической системы.

Исследования в области живучести могут выполняться в следующих направлениях.

Обоснование и формулировка основных понятий, принципов, качественных и количественных показателей живучести ко всем элементам сложных технических систем.

Анализ проектных расчетов несущих конструкций. Разработка вычислительных алгоритмов расчета показателей живучести. Регламентация этих расчетов и разработка проектов соответствующих нормативных документов.

Исследование живучести типовых конструктивных форм несущих конструкций. Разработка конструктивных форм, обладающих повышенной живучестью.

Комплексное моделирование аварийных ситуаций конструкций сложных технических систем. Иссле-

дование внешних причин и условий аварий и катастроф.

Моделирование напряженного состояния технологической и эксплуатационной дефектности в локальных зонах.

Разработка методов обеспечения живучести. Формулировка алгоритмов формообразования несущих конструкций в соответствии с требованиями живучести.

Разработка и конструирование комплекса технических устройств, повышающих безопасность сложных технических систем в условиях аварийных ситуаций.

#### *Литература*

1. Мусаев В.К. Метод неразрушающего контроля в задачах обеспечения надежности и долговечности сложных систем // Безопасность и экология технологических процессов и производств. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Поселок Персиановский Ростовской области: Донской государственный аграрный университет, 2008. – С. 163–169.
2. Мусаев В.К. О методах повышения безопасности технических и технологических систем // Безопасность и экология технологических процессов и производств. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Поселок Персиановский Ростовской области: Донской государственный аграрный университет, 2009. – С. 94–97.

Материал поступил в редакцию 09. 11. 2012 г.