

– гипотеза о сплошности материалов сооружения и пород основания (при обнаружении трещин или иных деструкций, соизмеримых с разрешающей способностью применяемого численного метода, их следует включать в расчетную модель);

– гипотеза материала (должен быть определен общий вид уравнений, характеризующий свойства материалов сооружения и пород основания при расчетах напряженно-деформированного состояния);

– гипотеза формы (подтверждение гипотез формы натурными измерениями, например, гипотезы плоских сечений, позволяет уменьшить размерность задачи).

Смешанные прогнозные модели следует применять в случаях, когда прогноз реального поведения сооружения на основе статистической или детерминистической модели оказывается неадекватным.

Для речных причалов определяющей является конструкционная безопасность, характеризующаяся способностью несущего каркаса сопротивляться сверхнормативным нагрузкам в чрезвычайных ситуациях.

Уровень конструкционной безопасности считается достаточным, если фактический риск аварии портовых ГТС находится в области нормативных значений. Границами области служат два стандартных значения риска:

– нормальное значение, являющееся допустимым значением риска аварии для новых или строящихся сооружений,

– предельно-допустимое значение, при достижении которого на объекте эксплуатации необходимо произвести ремонтные работы

Применение апробированных методик расчета остаточного ресурса зданий и сооружений к речным причалам позволяет:

– определить «вклад» каждой группы конструкций несущего каркаса в величину риска аварии исследуемого объекта;

– рассчитать безопасный остаточный ресурс объекта и сделать прогноз промежутка времени, по истечению которого на этом объекте необходимо произвести мероприятия по снижению риска аварии.

При контроле осуществляется, как правило, качественная оценка (работоспособен, не-работоспособен и т.п.). При измерениях можно получить и количественную оценку (степень работоспособности).

В силу уникальности гидротехнических сооружений в настоящее время для учета многих факторов возможно применение только детерминистских оценок. В этой связи наиболее рациональным, позволяющим оперативно компенсировать недостаток информации, является использование при эксплуатации ГТС BIM-технологий.

УДК 627:699.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОХОДНОГО ШЛЮЗА

П.А. Гарибин, А.В. Федяшов

*Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова,
г. Санкт-Петербург*

В последнее время все больший интерес вызывает концепция «Индустрия 4.0» (Industry 4.0) – совокупность технологий: PLM, Big Data, Smart Factory, Cyber-physical systems, IoT (Internet of Things), Interoperability.

Внедрение концепции «Индустрия 4.0» возможно при наличии хорошо налаженных процессов получения, обмена и анализа данных. По сведениям, уже работающих по данной стратегии предприятий использование ими PLM приводит к уменьшению затрат на 50–80 %.

Обеспечение безопасности и надежности в процессе эксплуатации судоходных гидротехнических сооружений (СГТС) тесно связано с качеством их технического контроля. Особенностью большей части гидротехнических сооружений является то, что они возводятся

на участках местности со сложными геологическими и гидрогеологическими показателями, подвержены воздействию циклических нагрузок.

Мониторинг технического состояния строительных конструкций СГТС выполняется в настоящее время путем их визуального осмотра и локальных инструментальных измерений. Визуальный мониторинг выполняется в соответствии с правилами нормативных документов. Используя результаты мониторинга, разрабатывается комплекс мероприятий по ремонту, замене или усилению элементов конструкций.

В связи с совершенствованием измерительных систем в последнее время начали проводить постоянный или непрерывный мониторинг технического состояния строительных конструкций с контролем нормативных параметров, регламентирующих их прочность и деформируемость. Стало возможным назначать ремонт конструкций не по списку, а по их фактическому состоянию, что приводит к увеличению межремонтных сроков при обеспечении той же безопасности конструкций.

Для определения необходимости ремонта используется график изменения индекса «здоровья» СГТС (прогиб лицевой стенки, прочность материала и т.д.) и характер его изменения во времени.

Индекс «здоровья» является комплексной характеристикой, значение которой зависит от конструкции, материала, вида нагрузок и цели мониторинга. С целью выполнения подобной процедуры разрабатываются автоматизированные системы мониторинга конструкций (СМК).

В настоящее время ведутся работы по созданию макета технического паспорта с применением BIM-технологий. Технология предусматривает использование построение BIM-модели сооружения на основе натуральных обмеров цифровыми геодезическими приборами, восстановление BIM-модели из архивных цифровых и бумажных документов.

Оптимизация процесса управления жизненным циклом судоходного шлюза достигается после реализации этапа внедрения непрерывного автоматизированного мониторинга, который является определяющим импульсом к развитию платформы «Индустрия 4.0».

Первоочередной задачей мониторинга технического состояния СГТС является разработка сети чувствительных элементов, которые непрерывно контролируют состояние строительной части в автоматическом режиме – обеспечение контролепригодности системы.

Система расстановки контрольно-измерительной аппаратуры не только инструмент для проведения частных измерений, ее функционал предполагает работу, результат которой – данные, достаточные для построения пространственно-временной 3D модели индуцированных нагрузок и ответных реакций на них.

Второй задачей является разработка комплексной модели оценки технического состояния ГТС, исходными данными для которой будут являться данные мониторинга и предыдущих осмотров.

Критериальные переменные имеют допустимые границы изменения и область желаемых (оптимальных) значений. Оценочная функция выбирается таким образом, чтобы в области допустимых значений переменной, ее значения принадлежали бы интервалу $[0,1]$, были безразмерными и определялись однозначно.

Кроме того, использование системы непрерывного мониторинга улучшит расследования случаев аварий, поскольку появляется объективная информация о происшедших процессах во время нарушения режима эксплуатации.

Решение поставленных задач базируется на использование аппарата математической статистики. Результатом выполненных работ будет интеллектуальный продукт в виде комплекса «автоматизированный мониторинг технического состояния» – «комплексная модель оценки технического состояния» – «прогнозная модель».

Созданная технология для каждого конкретного шлюза позволит обеспечить безопасность эксплуатации СГТС на принципиально новом уровне и дать достоверный прогноз, т.е. в полном объеме реализовать концепцию анализа жизненного цикла (CALS-технология).

В качестве основы комплексной модели оценки технического состояния предлагается использование точной трехмерной компьютерной модели СГТС, в дальнейшем данная модель будет использоваться как для информационного сопровождения, так и для прямых верификационных расчетов с применением метода конечных элементов.