

УДК 69. 059. 531(575.2)(04)

## АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РУДНИКА “КУМТОР” МЕТОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

*Г.В. Косивцов, А.А. Землянский, Ж.К. Тайлякова, С.Н. Аскарбеков*

Рассматривается инженерно-технический мониторинг с применением качественного метода анализа устойчивого состояния строительных конструкций на основе временного приращения перемещений и деформаций.

*Ключевые слова:* инженерное обследование; мониторинг; устойчивое состояние; фазовые портреты.

Обеспечение эксплуатационной надежности зданий и их безопасной эксплуатации требует проведения периодической проверки состояния строительных конструкций, особенно на производственных объектах с грузоподъемными механизмами, динамическом воздействии обслуживаемого оборудования и агрессивными технологическими процессами. Получение информации о техническом состоянии зданий осуществляется инженерным обследованием конструкций и оценкой их несущей способности. Своевременное и правильно выполненное усиление конструкций в соответствии с проведенным техническим обследованием, позволяет продлить срок службы зданий и предотвратить возможные аварии и обрушения [1–3].

Специалистами института КыргызНИИП сейсмостойкого строительства проведено инженерное обследование строительных конструкций ремонтных мастерских на руднике “Кумтор” с целью оценки их фактического технического состояния и безопасной эксплуатации.

Производственное здание авторемонтных мастерских построено в 1997 году, имеет прямоугольную форму в плане с основными размерами 25,2×24,0×12,8 м. Использована каркасно-связевая схема с применением стальных прокатных профилей и покрытием из металлических ферм типа “Молодечно”. Фундаменты на вечномерзлых грунтах выполнены в виде куста свай-стоек с монолитным железобетонным ростверком. Свай-стойки выполнены в стальных трубах диаметром 400 мм, установленных в пробуренную скважину. Зазор между скважиной и сваем заполнен суспензией из мелкозернистого бетона для обеспечения горизонтальной устойчивости. Монолитный кессон-

ный пол толщиной 300 мм предназначен для въезда большегрузных машин марки “Кателпиллер” с собственной массой 182 тонны. Для обслуживания ремонтных работ в мастерских используется мостовой кран грузоподъемностью 10 тонн.

На момент проведения обследования в зоне ремонтных работ произошла просадка центрального участка пола на 430 мм и срез рант-балки в зоне въезда тяжелого грузоподъемного транспорта. В результате неравномерной просадки пола и среза рант-балки произошел разрыв вертикальных связей по торцевым фахверковым стойкам с потерей их общей устойчивости.

Из-за неравномерной просадки грунтов деформируемого основания произошло перераспределение усилий в анкерных фундаментных болтах с отклонением стоек. В результате неравномерного воздействия загрузки опорной плиты и просадки фундамента в центральной зоне оттаивания произошла повышенная деформация и разрушение силового пола.

Общий вид, основные дефекты и повреждения, вскрытые при обследовании здания ремонтных мастерских, показаны на рис. 1.

Для оценки деформационного состояния каркаса здания ремонтных мастерских проведена теодолитная съемка отдельных точек основных несущих элементов каркаса и узловых сопряжений. Теодолитная съемка проводилась по базовым светочувствительным маякам, установленным в наиболее деформируемых конструкциях колонн, ригелей и элементах вертикальных связей. Установка 20-ти отражательных маяков проведена в зонах, доступных для теодолитной съемки. Оценка деформационного состояния проведена цифровым методом контроля перемещений кон-



Рис. 1. Общий вид объекта, установка светочувствительных маяков, основные дефекты и повреждения конструкций ремонтных мастерских рудника “Кумтор”

струкций ремонтных мастерских, результаты которого позволяют оценить их техническое состояние и дать рекомендации для разработки усиления деформированных конструкций.

Анализ результатов полных горизонтальных и вертикальных перемещений контролируемых маяков наблюдений, установленных на конструкциях каркаса, позволяет определить предаварийные участки и принять меры по восстановлению несущей способности объекта.

Для оценки уровня устойчивости конструкций проведен математический анализ роста перемещений по времени (скорости деформирования конструкций) и оценка их фазовой устойчивости при переходе от одного уровня устойчивого состояния к другой форме равновесного состояния с учетом временного фактора.

По результатам расчета был определен наиболее неустойчивый элемент или узловое податливое сопряжение.

Результаты анализа устойчивого состояния элементов каркаса даны на примерах оценки перемещений устойчивых и неустойчивых узлов.

Общий анализ конструкций каркаса на момент обследования указывает на их равновесное состояние, за исключением участка просадки ригельной балки, где произошел срез ростверка и разрыв вертикальных связей.

Оценка устойчивости конструкций определялась переходными от аппроксимированных функций взаимно-перпендикулярных перемещений к деформациям, формирующимся коэффициентами А, В, С, D с учетом уравнений двумерной цифровой динамической системы фиксируемого уровня устойчивости переходных процессов конструкций исследуемого объекта.

$$\frac{d}{dt}U(\varepsilon_x, \varepsilon_y) = A \cdot \varepsilon_x + B \cdot \varepsilon_y;$$

$$\frac{d}{dt}V(\varepsilon_x, \varepsilon_y) = C \cdot \varepsilon_x + D \cdot \varepsilon_y.$$

Этот процесс является отражением соответствующей деформируемой картины исследуемого объекта ремонтных мастерских за конкретный

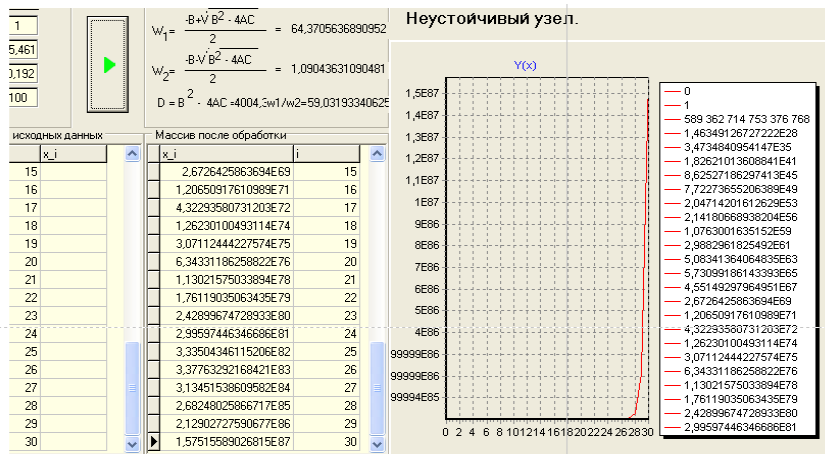
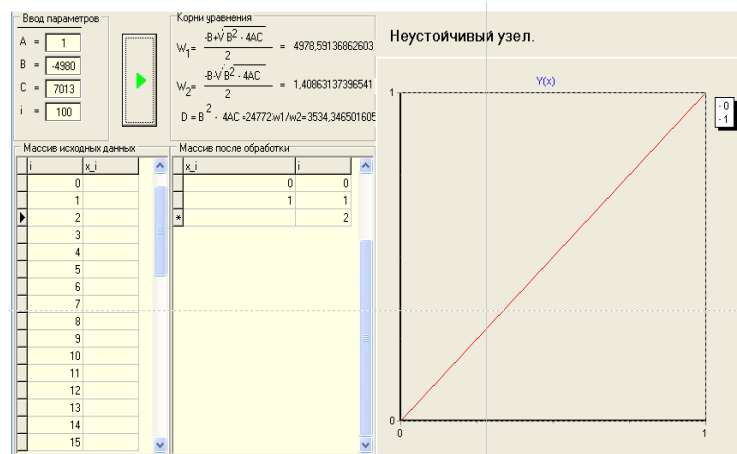
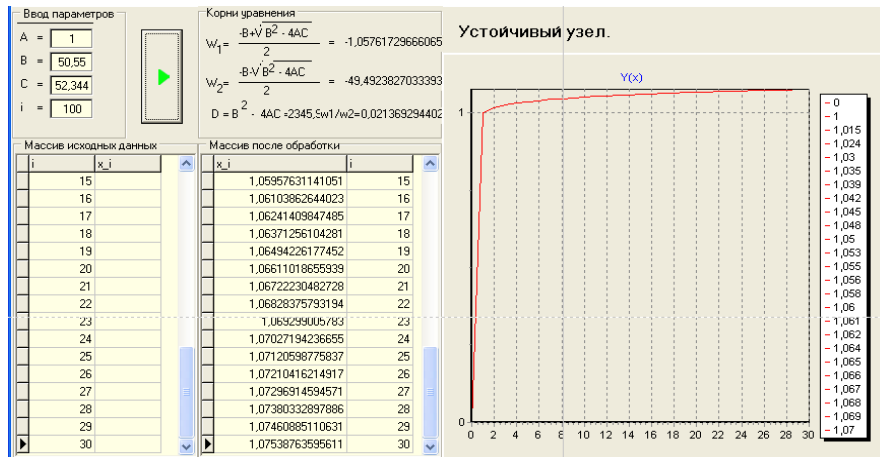


Рис. 2. Оценка устойчивости конструкций

момент времени. Примеры оценки устойчивости элементов конструкций с построением фазового портрета, как решение двумерной динамической системы приведены на рис. 2.

Отношения коэффициентов характеристического уравнения определяют особую точку фазового портрета и соответственно уровень устойчивости в данный момент времени. На

участке аргумента значений 0.0 ... 0.3, 0.5 происходят переходные процессы одного устойчивого состояния в другое.

По результатам инженерных наблюдений установлены уровни устойчивости конструкций каркаса ремонтных мастерских, позволяющие судить о надежности объекта с оценкой возможной аварийности в наиболее напряженно-деформированных конструкциях.

Результаты математической обработки данных мониторингового наблюдения показывают устойчивость основных конструкций каркаса за исключением фахверковой стойки, где имеется повышенная деформативность, требующая усиления. Наибольшие просадки силового пола наблюдаются в центральной части здания, где ведутся ремонтные работы грузоподъемных механизмов с массой до 182 тонн.

Анализ деформационных процессов показал, что основными причинами аварийности объекта послужили следующие факторы:

- оттаивание вечномерзлых грунтов (линз) в зонах локального температурного воздействия (центральная зона утепленного помещения);
- нагрузка от воздействия массы ремонтируемых механизмов. В том числе от поддомкрачивания техники при проведении ремонтных работ с приложением сосредоточенных усилий в зонах установки домкратов;

- динамическое воздействие при въезде и выезде большегрузной техники, создающей дополнительное динамическое воздействие при перепадах высот конструкций пола и рафт-балки, а также в моменты торможения и трогания ремонтных механизмов;
- подмывание оттаивающих грунтов основания (линз) поступающими грунтовыми водами.

По результатам инженерно-технического мониторинга с применением качественного метода анализа устойчивого состояния строительных конструкций разработаны мероприятия по восстановлению объекта ремонтных мастерских рудника “Кумтор”.

### Литература

1. *Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э.* Теория колебаний. М.: Гл. изд. физ.-мат. лит., 1959. 915 с.
2. *Землянский А.А., Мирошниченко Г.Г.* Расширение тауберовых теорем в конических областях для интегро-дифференциальных операторов дробного порядка. Традиции и новации в культуре университетского образования. Часть 2. Бишкек, 1999.
3. *Заславский Г.М.* Статистическая необратимость в нелинейных системах. М.: Наука, 1970. 143 с.