

Обобщая результаты наших исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Предлагаемая установка позволила передать на образец одинаковые по величине усилия во всех точках их приложения по длине, что дает возможность получить достоверную картину НДС испытываемых образцов.

2. Характер трещинообразования в образцах и их деформации (перемещения) соответствуют численному решению задачи о напряженно-деформированном состоянии перфорированных балок.

1. Воблых В.А., Кичаева О.В. Учет влияния основания на напряженное состояние стен малой этажности // Науковий вісник будівництва. Вип. 4. – Харків: ХДТУБА, 1998. – С. 20-23

2. Кичаева О.В. Влияние неравномерных осадок основания на износ зданий // Вестник ХГПУ. Вип. 27. – Харьков: ХГПУ, 1998. – С. 193-196

3. Бильченко А.В., Молодченко Г.А., Шипель Л.В. Исследование жесткости ограждающих панелей стены в грунте с поперечными пустотами // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1982. – №2. – С.9-13.

4. Псурцева Н.А., Сироменко А.Н. и др. Оценка напряженно-деформированного состояния зданий жилищно-гражданского комплекса // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 10. – Рівне, 2003. – С.195-201.

*Получено 02.06.2006*

УДК 69.059, 624.94

А.О.ИСМАГИЛОВ

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков*

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ ПРИ РАЗВИТИИ НЕРАВНОМЕРНЫХ ПРОСАДОК ОСНОВАНИЯ**

Рассматриваются задачи экстраполяции развития неравномерных осадок колонн каркаса зданий по результатам регулярных геодезических измерений и прогнозирования образования просадок, предельных по критериям эксплуатационной пригодности.

Конструкции каркасов производственных зданий моделируются для расчетов статически неопределимыми системами, чувствительными, как известно, к осадкам и поворотам опор. Поэтому дополнительные напряжения в элементах и узлах, а также деформации конструкций могут привести к недопустимому снижению долговечности, преждевременному неработоспособному состоянию конструкций.

Для ответственных инженерных сооружений, построенных на просадочных грунтах, контрольно-измерительные наблюдения за деформациями основания необходимо проводить на протяжении всего срока эксплуатации. В результате таких наблюдений накапливаются данные, которые можно использовать для статистического анализа

процесса развития просадок и прогнозирования срока образования предельных величин деформаций с учетом их неравномерности.

Известны исследования [1, 2], в которых рассматриваются вопросы моделирования процесса развития осадок зданий и сооружений. При этом используются величины предельных деформаций основания (относительных и абсолютных) для различных конструктивных схем зданий, представленные в [9]. Указанные исследования не привязаны к конкретным условиям эксплуатации объектов строительства при неравномерных просадочных деформациях основания от неконтролируемого замачивания. Не установлены также четкие критерии эксплуатационной пригодности для определения предельных величин просадок.

Цель статьи – изложить методику определения закона изменения просадочных деформаций под опорами каркаса с экстраполяцией их развития на будущее и прогнозированием достаточно точного времени развития предельных просадок согласно установленным критериям.

Предельными будем считать такие величины просадок, при превышении которых появляется необходимость восстанавливать эксплуатационную пригодность конструкций здания, т.е. усиливать их, ремонтировать, поднимать, рихтовать и др.

Для уточнения оценки технического состояния конструкций требуется определить критерии эксплуатационной пригодности (КЭП). Указанные критерии выражаются, в данном случае, в относительных или абсолютных величинах неравномерных просадок колонн каркаса и контролируются регулярными геодезическими измерениями [3].

Критерии эксплуатационной пригодности определяются предельными состояниями сооружения и соответственно классифицируются по:

- несущей способности;
- деформациям;
- технологическим условиям.

Критерии по несущей способности и по деформациям (1-я и 2-я группы предельных состояний) определяются такой картиной и величинами неравномерных просадок, которые приводят к дополнительным усилиям и перемещениям, недопустимым по условиям прочности, жесткости и устойчивости элементов каркаса (при наложении этих усилий на напряженно-деформированное состояние от других характерных нагрузок).

Критерий эксплуатационной пригодности по технологическим условиям определяется такими величинами неравномерных просадок, которые приводят к:

- повреждениям технологического оборудования и инженерных сетей;
- недопустимому уменьшению габарита между мостовыми кранами и стропильными конструкциями (при выполнении высотной рихтовки положения подкрановых путей) или колоннами (при рихтовке положения пути в горизонтальной плоскости);
- недопустимым уклонам подкрановых путей в продольном и поперечном направлениях цеха [4-6] и др.

Для оценки несущей способности нужны проверочные расчеты конструкций каркаса на неравномерные просадки с учетом результатов обследования (данных о повреждениях, отклонениях от проектного положения и др.).

Критерии эксплуатационной пригодности по деформациям и по технологическим условиям контролируются с помощью геодезических измерений.

Исходными данными для прогнозирования просадочных деформаций основания являются результаты геодезических измерений просадочных деформаций основания, которые могут быть представлены массивом, состоящим из пар чисел:  $t_i, S_i$ , где  $t_i$  – момент времени, при котором определялась величина просадки  $S_i$  опорной точки каркаса здания. Поэтому возникает задача аппроксимации дискретной зависимости  $S_i(t_i)$  непрерывной функцией  $S(t)$  с экстраполяцией для прогноза развития просадок основания.

Эта задача решается на основе следующих допущений:

- рассматривается длительно протекающий процесс развития просадок (например, при медленном подъеме уровня грунтовых вод или при медленном и равномерном росте деформаций после аварийного замачивания);
- функция  $S(t)$  должна приближаться к дискретно заданной функции  $S_i(t_i)$ , не обязательно проходя через точки  $t_i, S_i$ .

Методика прогнозирования деформаций просадки основания реализуется в такой последовательности:

1. Ввод (накопление) результатов инженерно-геодезических измерений просадочных деформаций за прошедший период.
2. Подбор вида функции, описывающей процесс, и объем предьстории для каждой функции.
3. Для функций определяются неизвестные коэффициенты, используя метод наименьших квадратов [7] или, например, метод Хука-Дживса [8]. При этом оценивается для каждой возможной функции степень ее приближения к фактическим значениям путем сравнения

значений погрешности аппроксимации – суммы квадратов отклонений:  $\sum(S_i - S)^2$ .

4. Выбирается несколько функций, у которых значения суммы квадратов отклонений будут наименьшими.

5. Из выбранных функций (см. п.4) определяется функция прогноза, которая подходит по физическому смыслу к данному процессу развития просадочных деформаций основания, т.е. учитывается условие, что уменьшение просадок с течением времени невозможно и функция развития просадок имеет только возрастающий характер:  $S(t_n) \leq S(t_{n+1})$ .

6. Операции согласно п.п.1÷5 выполняют для каждой опорной точки колонн каркаса, в которых установлены осадочные марки. Таким образом, для каждого набора данных измерений, показывающих характер изменения просадок во времени данной опорной точки, подбирается своя экстраполяционная функция (функция прогноза), которая наилучшим образом подходит для описания предыстории деформаций основания в этой точке.

7. Выполняется прогноз, т.е. определяются значения выбранных функций в опорных точках при  $t_{n+1}$ :  $S(t_{n+1})$ , при этом полученные значения прогнозируемых просадочных деформаций не должны превосходить максимальных значений деформаций, полученных для данного инженерно-геологического строения. Расчет таких максимальных деформаций возможен, например, при использовании метода послойного суммирования [9].

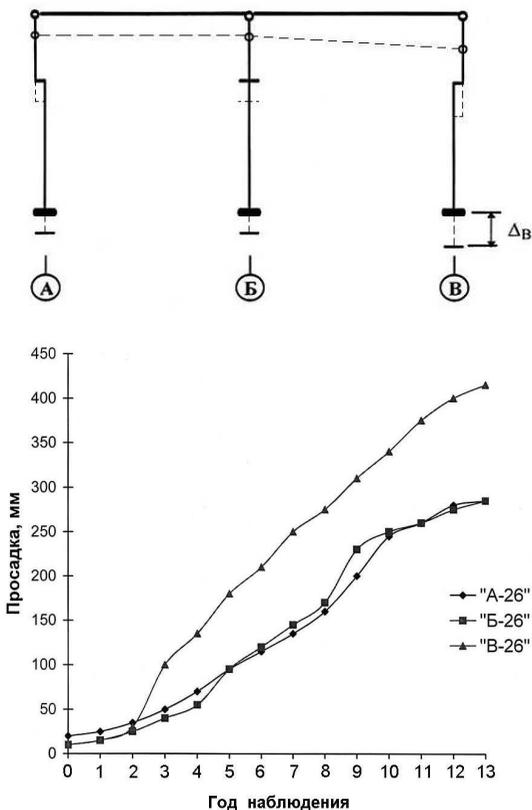
8. После получения новых данных измерений сделанный ранее прогноз уточняется.

Из-за большого объема вычислений, указанный процесс прогнозирования срока образования предельных перемещений конструкций каркасов зданий должен быть, по возможности, автоматизированным. Поэтому данная методика реализована для ПЭВМ в виде программы «МНК-прогноз». Эта программа используется в экспертной части информационно-экспертной системы «Каркас» для технического содержания промышленных зданий каркасного типа, построенных на просадочном основании [10].

Пример реализации этой методики – прогнозирование развития неравномерных просадок, предельных по критериям эксплуатационной пригодности, выполнялось для каркаса одноэтажного производственного здания механосборочного корпуса ПО «Запорожтрансформатор».

В ходе эксплуатации, несмотря на подготовку основания при строительстве здания (уплотнение грунта тяжелыми трамбовками), стали развиваться неравномерные просадочные деформации. Систематические наблюдения за просадками опор каркаса выявили такую картину деформаций основания, при которой поперечная рама каркаса по оси «26» воспринимает наиболее неравномерные просадочные воздействия (рисунок).

Как видно из графиков развития просадок (рисунок), их наибольшая неравномерность наблюдается в пролете «Б-В», что вызвало необходимость в ходе эксплуатации периодически выполнять высотную рихтовку путей мостовых кранов для удовлетворения требований безопасной эксплуатации [4].



Динамика развития просадок основания в плоскости рамы каркаса по оси «26»

По приведенной методике выполнена аппроксимация экспериментальных точек просадок колонн по рядам «А», «Б» и «В» функциональными зависимостями в виде полиномов Лагранжа  $n$ -й степени. Для этих колонн каркаса выбраны полиномиальные функции соответственно 3-й и 4-й степени.

Экстраполяция выбранных функций на ближайшие годы показала, что по критерию эксплуатационной пригодности (недопустимое уменьшение габаритов приближения мостовых кранов к стропильным конструкциям при высотной рихтовке пути) предельные просадки ожидаются через 14,5 лет после начала наблюдения.

Таким образом, прогнозирование срока образования предельных перемещений конструкций каркасов зданий при развитии неравномерных просадок основания позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы за счет принятия своевременных мер по обеспечению надежности объектов строительства.

Задача такого прогнозирования может быть решена на основе анализа данных регулярных геодезических измерений, обоснования закона развития просадок и экстраполяции этого процесса на последующие годы.

1. Николаев С.А. Статистические исследования осадок инженерных сооружений. – М.: Недра, 1983. – 112 с.

2. Гридчин А.Н. Прогнозирование затухающих осадок инженерных сооружений по результатам геодезических наблюдений // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1970. – №1. – С.3-10.

3. ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 26 с.

4. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – М.: Металлургия, 1983. – 176 с.

5. ДБН В.1.1-5-2000 Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах Частина II. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. – 84 с.

6. Горохов Е.В., Ламбин Н.Е., Ламбин В.Н. Методы и средства измерений при строительстве и эксплуатации подкрановых путей. – Макеевка: Графити, 1997. – 234 с.

7. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Исследование зависимостей. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 207 с.

8. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: Пер. с англ. / Под ред. В.А.Вольнского. – М.: Радио и связь, 1988. – 126 с.

9. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1984. – 50 с.

10. Исмагилов А.О. Формирование информационно-экспертной системы для контроля и оценки технического состояния зданий и сооружений // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. пр. Вип.36. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2006. – С.45-55.

*Получено 12.06.2006*