

**КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ И ОЦЕНКА РЕСУРСА
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В СООТВЕТСТВИИ
С РЕКОМЕНДАЦИЯМИ СОВРЕМЕННЫХ НАЦИОНАЛЬНЫХ
И МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ**

Дубов Анатолий Александрович

*Генеральный директор ООО «Энергодиагностика», г.Москва,
доктор технических наук, профессор*

Проблемой контроля напряжений и деформаций в работающих конструкциях с целью оценки их состояния в настоящее время занимаются все ведущие диагностические центры мира. Однако известно, что эффективность методов контроля напряжений остается низкой при их использовании на практике. Особое значение приобретает повышение эффективности неразрушающего контроля (НК) напряженно-деформированного состояния (НДС) технических объектов при оценке их ресурса.

В настоящее время накопился большой арсенал методов и средств неразрушающего контроля остаточных напряжений (ОН) в изделиях машиностроения и напряженно-деформированного состояния (НДС) промышленных объектов в условиях эксплуатации. Большинство методов контроля механических напряжений основано на тарировке образцов при их растяжении. При этом не учитываются масштабный фактор и цикличность нагрузки, формирующие фактические напряжения (рабочие и остаточные) на реальном оборудовании.

Среди основных организационных и технических проблем контроля НДС следует отметить:

- отсутствие метрологической базы для сертификации и поверки средств измерений характеристик НДС изделий (до сих пор в России и других странах нет единых эталонов, образцов и методик);
- непригодность большинства методов для контроля протяженных конструкций трубопроводов и крупногабаритных изделий, оборудования и сосудов;
- невозможность оценки НДС глубинных слоев металла изделий;
- отсутствие программ и центров обучения специалистов в области НК НДС;
- отсутствие до последнего времени стандартов, излагающих общие требования к методам и средствам НК напряжений и деформаций в реальных конструкциях.

Впервые такой стандарт подготовлен в России специалистами ООО «Энергодиагностика» совместно с ТК-132 Ростехрегулирования и опубликован в 2005 году. Стандарт имеет номер ГОСТ Р 52330-2005 и называется «Контроль неразрушающий. Контроль напряженно-деформированного состояния объектов промышленности и транспорта. Общие требования».

Известно, что основными источниками повреждений оборудования и конструкций являются зоны концентрации напряжений (ЗКН), обусловленные технологическими дефектами изготовления, рабочими нагрузками или их сочетаниями. Наличие ЗКН как на новых изделиях, так и на изделиях, бывших в эксплуатации, значительно снижает их ресурс. Поэтому контроль напряженно-деформированного состояния изделий и определение ЗКН с использованием средств неразрушающего контроля представляются в ГОСТ Р 52330-2005 наиболее важными задачами при контроле НДС.

В развитии этой темы специалистами ООО «Энергодиагностика» совместно с ТК-132 разработан национальный стандарт «Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования». В 2008 году этот стандарт официально опубликован под номером ГОСТ Р 53006-2008.

На рис.1 представлена структурная схема определения остаточного ресурса оборудования с использованием экспресс-методов неразрушающего контроля.

К экспресс-методам в данном стандарте отнесены пассивные методы НК, использующие внутреннюю энергию металла конструкций:

- метод акустической эмиссии (АЭ);
- метод магнитной памяти металла (МПМ);
- тепловой контроль.

Эти методы получили в настоящее время наибольшее распространение на практике для ранней диагностики повреждений оборудования и конструкций.

В ГОСТ Р 53006-2008 более конкретно определены роль и задачи современных методов технической диагностики – 100%-ное обследование и выявление ЗКН, определяющих надежность и остаточный ресурс оборудования и конструкций, классификация ЗКН по степени их опасности.

Поверочные расчеты на прочность с оценкой остаточного ресурса предлагается выполнять для ЗКН, остающихся в эксплуатации, с учетом фактических структурно-механических свойств металла, выявленных при обследовании.

В 2010 году Ростехрегулированием утвержден ГОСТ Р 53965-2010 «Контроль неразрушающий. Определение механических напряжений. Общие требования к классификации методов».

Настоящий стандарт развивает положения, изложенные в стандартах ГОСТ Р 52330-2005 и ГОСТ Р 53006-2008, устанавливает классификацию методов неразрушающего контроля механических напряжений, в основу которой положен процесс взаимодействия физического поля используемого метода с объектом контроля с учетом уровня локальности контроля напряжений.

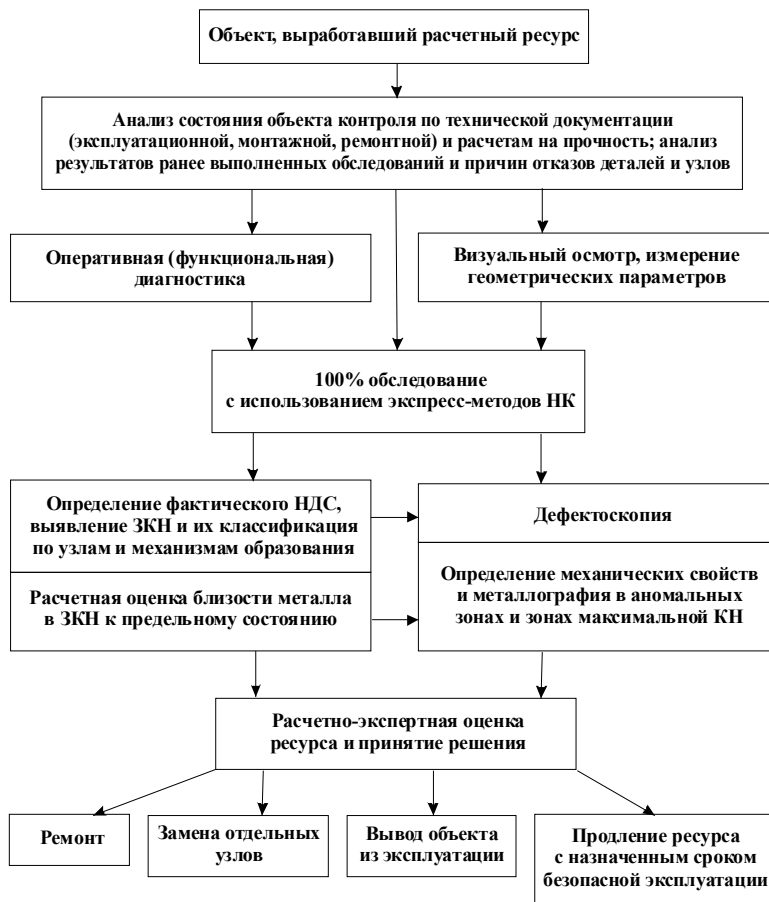


Рис. 1. Структурная схема определения остаточного ресурса потенциально опасных объектов, подконтрольных Ростехнадзору

Предлагаемая классификация неразрушающих методов контроля напряжений учитывает современные достижения материаловедения и механики разрушений, в частности энергетическую концепцию понятия «внутренние напряжения».

Энергетическая концепция понятия «внутренние напряжения» или «остаточные напряжения» требуют безэталонных методов тарировки средств контроля напряжений.

Безэталонная тарировка заключается в том, что используемый прибор и метод настраиваются непосредственно на контролируемом оборудовании путем сравнения результатов контроля в ЗКН и вне этой зоны.

Международным стандартом ISO 9712-2005 «Квалификация и сертификация персонала» введен новый вид НК – «Контроль напряжений». Этот вид контроля включен в Правила функционирования системы добровольной сертификации персонала в области НК и диагностики РОНКТД, утвержденные Президентом РОНКТД 29 августа 2005 года.

В настоящее время предприятием «Энергодиагностика» совместно с ОАО «НТЦ Промышленная безопасность» разработано «Положение об аттестации персонала в области НК напряженно-деформированного состояния». В НОАП «Энергодиагностика» имеется программа обучения специалистов новому виду НК – «Контроль напряжений», на I, II и III уровни. Таким образом, в России, начиная с 2010 года, Ростехнадзором вводится в практику новый вид НК «Контроль напряжений» для опасных производственных объектов и ответственных конструкций.

Рассмотрим далее примеры определения напряженно-деформированного состояния металлоконструкций трамплина спортивного клуба «Воробьевы горы» (г.Москва) с использованием метода МПМ. Отличительные признаки и диагностические параметры метода МПМ изложены в [1].

Основная задача метода МПМ – определение ЗКН – зон аномального распределения собственных магнитных полей рассеяния на поверхности контролируемого изделия. Затем, с использованием специализированной программы «ММП-Система», проводится разбраковка изделий по степени их предрасположенности к повреждению в ЗКН.

Основные преимущества метода МПМ:

- не требуется применение специальных намагничивающих устройств, так как используется явление самонамагничивания деталей в процессе их работы под действием циклических нагрузок;
- места концентрации напряжений заранее не известны и определяются в процессе контроля;
- не требуется зачистка металла и другая какая-либо подготовка контролируемой поверхности;
- высокая скорость контроля (0,5 м/с и выше);
- имеется возможность контроля в бесконтактном режиме сканирования и с выводом светового и/или звукового сигнала на вторичный прибор;
- для выполнения контроля по предлагаемому методу используются приборы, имеющие малые габариты, автономное питание и регистрирующие устройства.

На рис. 2 показаны участки контроля и расположение несущих элементов узлов металлоконструкций горы приземления трамплина «Воробьевы горы».

На рис. 3 показана схема контроля вертикальной балки с использованием сканирующего устройства, подключенного к прибору ИКН (измеритель концентрации напряжений).

На рис. 4 схематично показано расположение ЗКН, выявленных при контроле методом МПМ на несущих вертикальных балках. Из рис. 4 видно, что расположение зон максимальной концентрации напряжений на левых вертикальных балках находится вблизи опор №1-3, а на правых балках ЗКН расположены на разных участках по высоте.



Рис. 2. Участки контроля и расположение несущих элементов узлов МК горы приземления трамплина



Рис. 3. Направление сканирования и расположение сканирующих устройств при контроле несущих элементов узлов МК горы приземления трамплина (несущий пояс)

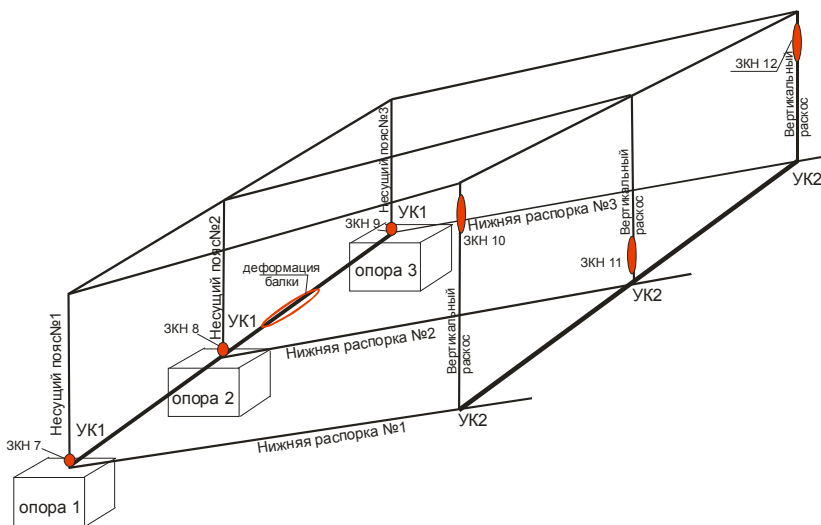


Рис. 4. Расположение выявленных зон КН №7-12 на несущих вертикальных поясах и раскосах МК горы приземления трамплина:

— зоны концентрации напряжений; УК – узел крепления;
— деформация горизонтальной балки

На рис. 5 представлены фрагменты результатов контроля методом МПМ с магнитограммами, характеризующими НДС отдельных вертикальных балок. Магнитограммы, выделенные красным цветом, «привязанные» к длине балок, характеризуют их фактическую деформацию.

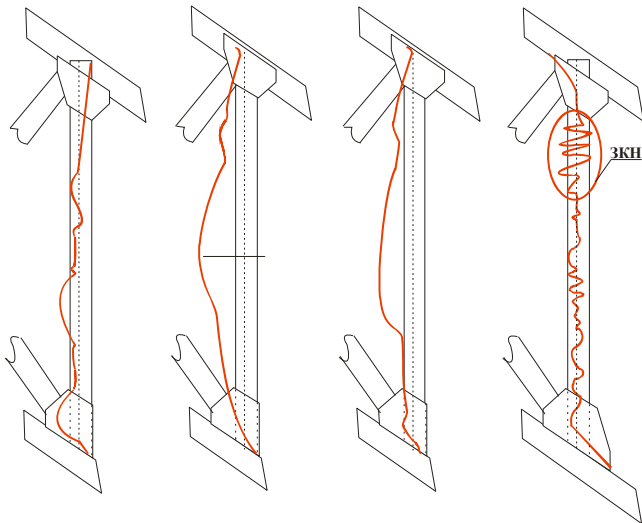


Рис. 5. Результаты контроля методом МПМ отдельных вертикальных балок узла посадки трамплина «Воробьевы горы»

Из рис. 5 видно, что НДС балок заметно отличается друг от друга несмотря на одинаковое их конструктивное исполнение и одинаковое распределение расчетных нагрузок на эти балки. Три балки, расположенные слева, имеют преимущественно деформацию изгиба, а правая балка имеет ЗКН с деформацией сдвига.

Выводы

1. В статье изложены основные проблемы, возникающие при оценке фактического напряженно-деформированного состояния металлоконструкций, и их решение на основе рекомендаций современных национальных и международных стандартов.

2. Представленный пример определения фактического НДС несущих балок узла приземления трамплина показывает, что общепринятая оценка ресурса аналогичных металлоконструкций после длительной их эксплуатации на основе выполнения поверочных расчетов на прочность от весовой и прочих нагрузок не соответствует требованиям по обеспечению надежности.

Необходимо выполнять оценку фактической деформационной способности несущих элементов металлоконструкций с использованием большого арсенала методов и средств неразрушающего контроля напряженно-деформированного состояния, имеющегося в настоящее время. Проверочные расчеты на прочность целесообразно выполнять в первую очередь для ЗКН, выявленных в результате НК НДС.

Библиографический список

1. Дубов А.А. Оценка ресурса грузоподъемных машин в соответствии с рекомендациями нового национального стандарта ГОСТ Р 53006-2008: Сборник научных трудов ООО «ВЕЛД» / Под ред. К.И. Еремина. – М., 2010. №9. С.221-230.