

УДК 66.021.3

А.Е. Журавлев,
А.А. Чурилов,
М.В. Черных,
специалисты Группы компаний
“ИНТЕРЮНИС”.

A.E. Zhuravlev,
A.A. Churilov,
M.V. Chernykh,
specialists of “INTERUNIS” group of
companies.



Статья была опубликована
сборнике материалов “VIII-я
научная-практическая конференция
промышленная безопасность на
взрывопожароопасных и химически
опасных производственных
объектах 23-24 апреля 2014 года”

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ АППАРАТОВ КОЛОННОГО ТИПА

INTELLIGENT MONITORING SYSTEM BY THE EXAMPLE OF VERTICAL VESSELS

Описаны основные возможности и преимущества применения интеллектуальной системы мониторинга на опасных производственных объектах.

Выбраны места установки датчиков системы мониторинга на примере ректификационной колонны и проанализированы преимущества и недостатки выбранных мест. Предложены критерии для их правильного определения.

Введено понятие индикаторных интервалов на основе фактического технического состояния объекта, и предложены варианты их применения.

The primary possibilities and advantages of using intelligent monitoring system on hazardous production facilities are described.

The places of sensors installation of monitoring system are chosen by the example rectification column and the advantages and disadvantages of chosen places are reviewed. Criteria are suggested for correct determination of these places.

The idea of indicator intervals based on the actual technical state of object is introduced and variants of their using are suggested.

Ключевые слова: ректификационная колонна, интеллектуальная система мониторинга, индикаторные интервалы, напряженно-деформированное состояние, тензодатчик, распределения напряжений, обратная связь.

Key words: rectification column, intelligent monitoring system, indicator intervals, strain-stress state, strain gauge, stress distribution, feed-back.

Введение

В XX и XXI веке нефть является одним из важнейших для человечества полезных ископаемых. Для получения из неё технически ценных продуктов, главным образом моторных топлив, растворителей и сырья для химической промышленности, нефть подвергают переработке. Переработка включает в себя **очистку** (от нефтяного газа, солей, воды и механических примесей) и **ректификацию** (процесс разделения нефти на фракции). Для процессов ректификации применяются аппараты различных конструкций, среди которых наибольшее распространение получили **вертикальные аппараты колонного типа**.

Конструктивные особенности аппаратов таковы, что они имеют значительную высоту и располагаются на открытых площадках. Как следствие, в процессе эксплуатации на колонный аппарат действует **широкий спектр нагрузок**: внутреннее давление, собственный вес колонны и усилия от трубопроводов, а также ветровые и температурные воздействия. В результате действия этих нагрузок аппарат находится в сложном **напряженно-деформированном состоянии (НДС)**, что может стать причиной аварий.

Гарантией безопасной эксплуатации таких объектов является установка специальной системы, которая позволит оценивать НДС, техническое состояние и прогнозировать ресурс объекта в реальном времени без вывода его из эксплуатации – системы мониторинга.

Система мониторинга **обеспечивает получение информации** о состоянии оборудования в необходимом количестве и качестве для принятия дальнейших решений. По полученным результатам система мониторинга **заблаговременно сигнализирует оператору о необходимости принятия мер** с целью обеспечения требуемого запаса устойчивости технологической системы, качества ее функционирования, а также создает необходимый запас ее техногенной, экологической и экономической безопасности.

При создании базы данных и обратной связи с исполнительным оборудованием становится возможным автоматическое управление рабочими параметрами, что переводит систему из разряда поддержки принятия решений в интеллектуальную систему мониторинга.

Структура системы мониторинга

Рассмотрим одну из возможных структурных схем такой системы на примере Лель-М /A-Line 32D (DDM-M)/, предлагаемой Группой компаний «ИНТЕРЮНИС» (рис. 1).

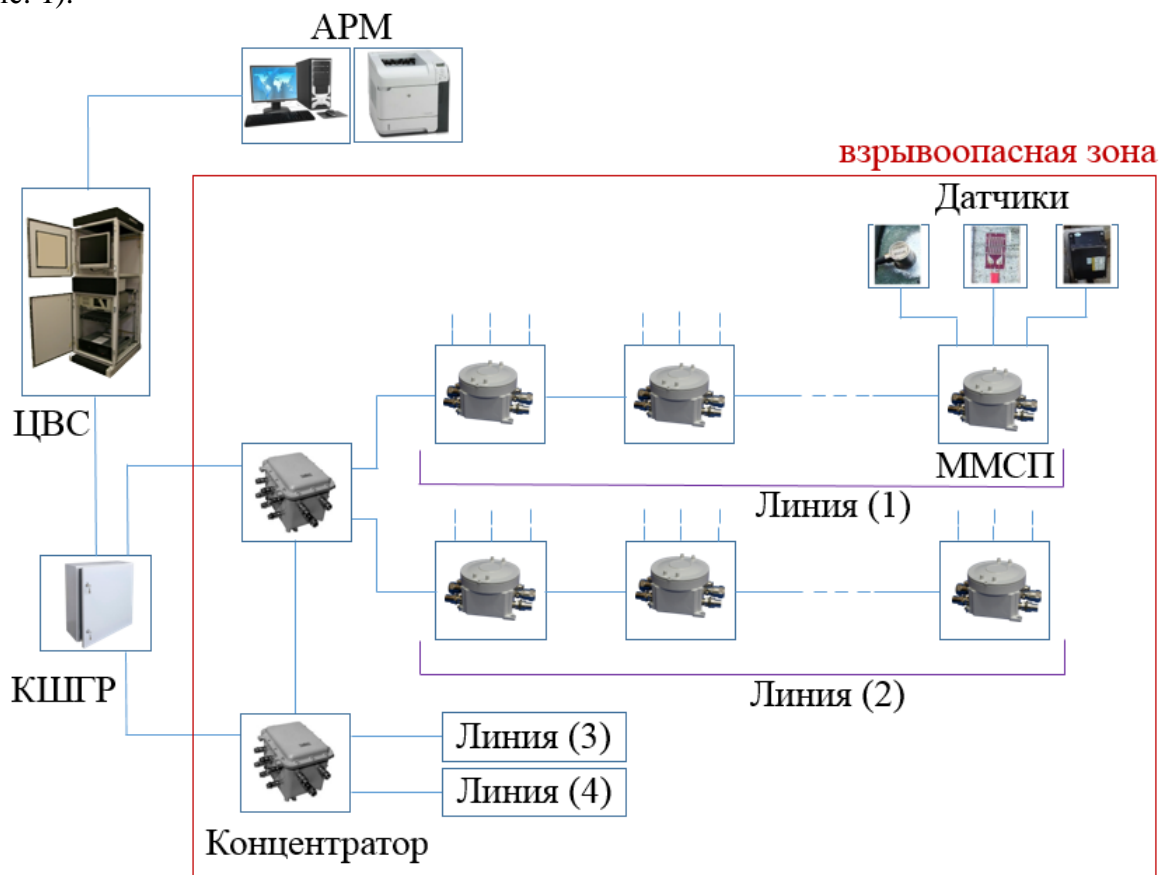


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга

Структурная схема содержит в себе следующие основные элементы:

- 1) диагностические и параметрические датчики - предназначены для сбора первичной информации об объекте;
- 2) многофункциональный модуль сбора и передачи данных (ММСП) - производит оцифровку сигналов, полученных от датчиков, предварительную обработку и передачу сигналов далее в цифровом виде;
- 3) концентратор - организует измерительные линии из ММСП, а также собирает информацию от всех ММСП и направляет ее далее на обработку;
- 4) коммутационный шкаф гальванической развязки (КШГР) - обеспечивает измерительные линии питанием, ретранслирует данные, полученные от концентраторов в центральную вычислительную станцию;
- 5) центральная вычислительная станция (ЦВС) - обрабатывает и отображает информацию оператору, архивирует данные, обеспечивает управление исполнительным оборудованием;
- 6) автоматизированное рабочее место оператора (АРМ) - служит для ввода и вывода информации оператором.

Одним из наиболее широко распространенных способов измерения напряжений является установка тензометрических датчиков.

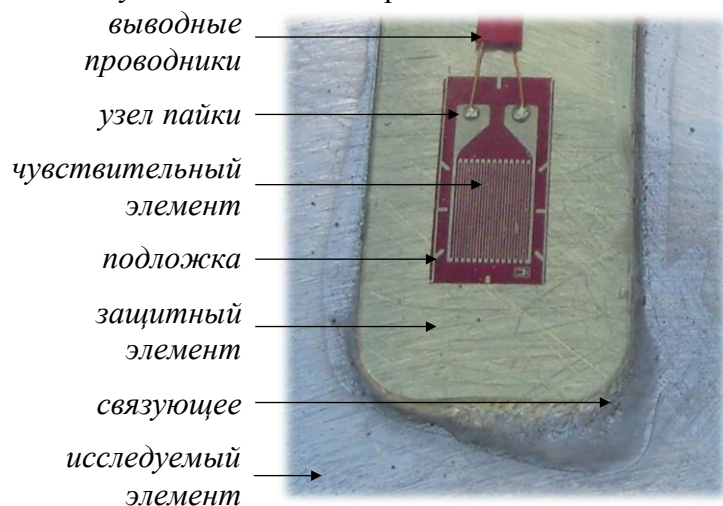


Рис. 2. Тензодатчик

Устройство и принцип работы. Основной составляющей тензодатчика является чувствительный элемент, преобразующий деформацию твердого тела в электрический сигнал. Чувствительный элемент, имеющий выводные проводники для присоединения в сеть, помещается на упругую подложку и закрывается защитным элементом, а затем закрепляется с помощью связующего (клей, цемент) на исследуемой детали (рис. 2).

Под действием силы происходит деформация упругой подложки вместе с чувствительным элементом, и, за счет изменения его удельного сопротивления (тензорезистивный эффект), можно судить о величине этой деформации.

Определение мест установки тензодатчиков

В качестве примера аппарата колонного типа для установки системы мониторинга рассмотрим ректификационную колонну (далее колонна).

Для контроля максимальных напряжений, возникающих в колонне, рассмотрим варианты установки тензодатчиков в трех зонах – верхней, средней и нижней (рис. 3).

Куда бы Вы установили тензодатчик на колонну высотой более 80 метров и диаметром 3,5 метра для контроля максимальных напряжений (рис. 3)? Для ответа на данный вопрос рассмотрим наиболее характерные варианты установки тензодатчиков в верхнюю, среднюю и нижнюю зоны (рис. 4).



Рис.3. Ректификационная колонна

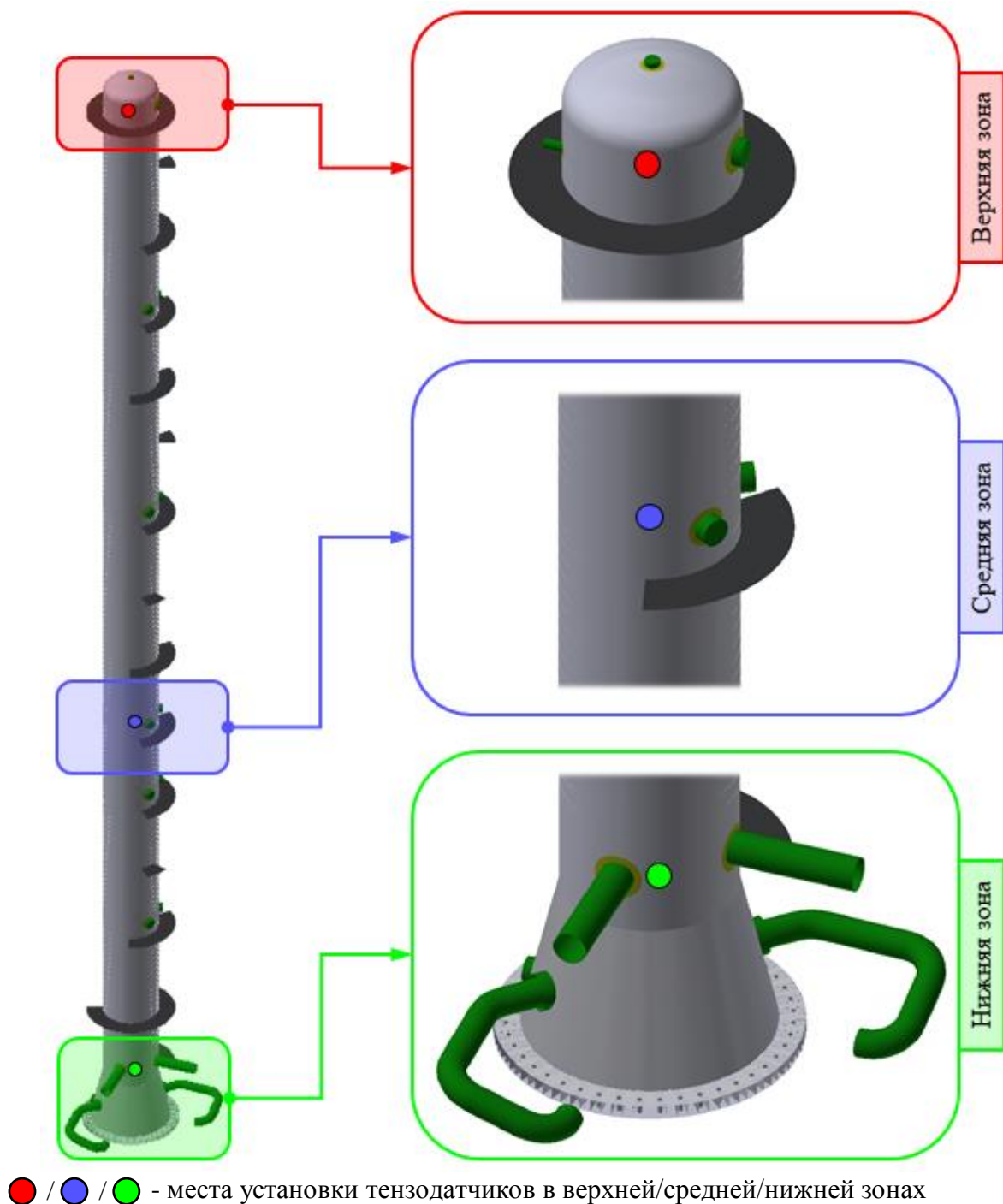


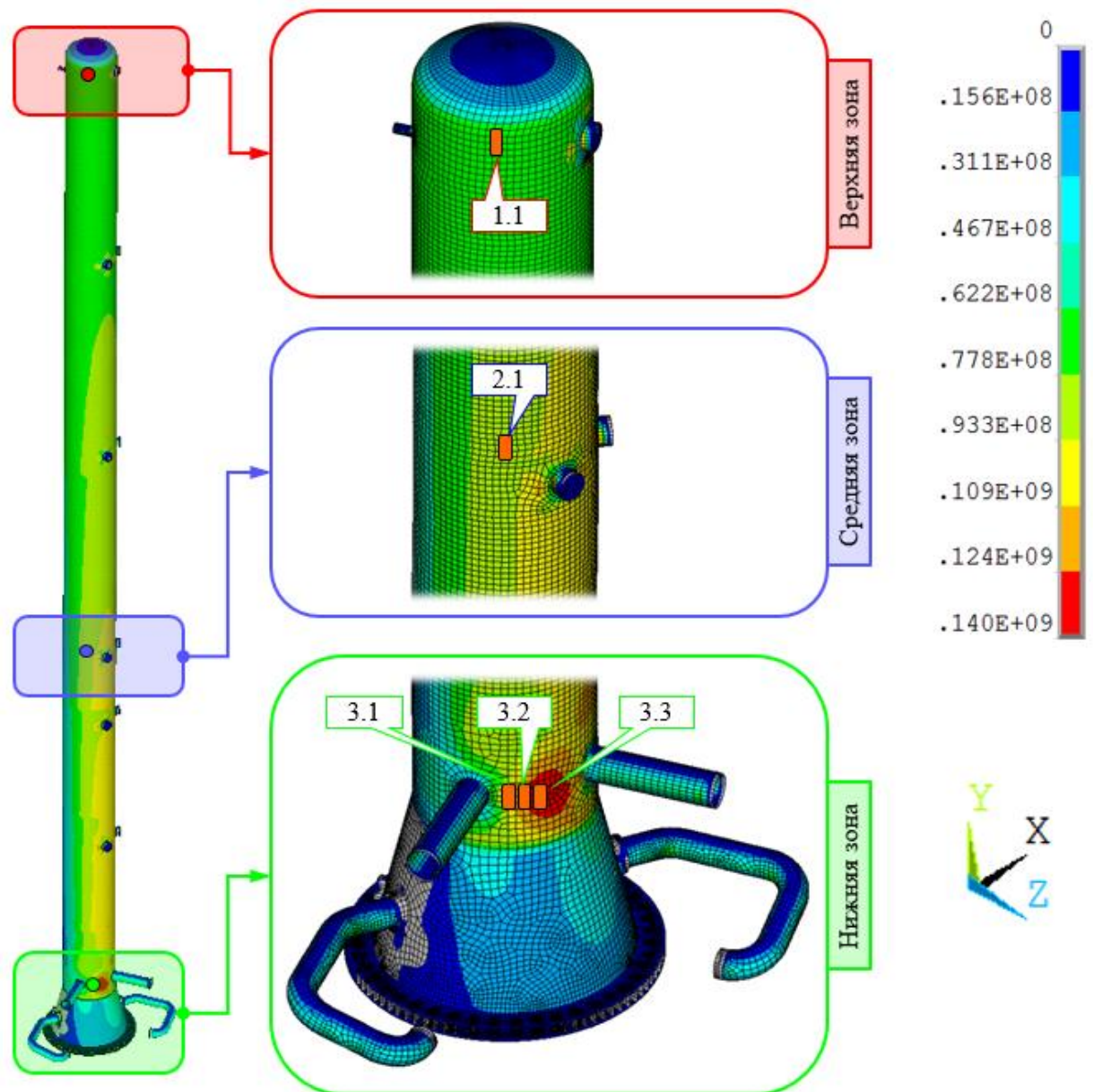
Рис. 4. Зоны установки датчиков

Для оценки выбранных мест установки датчиков с целью определения их возможности отслеживать напряжения в опасной зоне проведем уточненные расчеты методом конечных элементов (МКЭ).

Для этого в системе трехмерного твердотельного и поверхностного проектирования Autodesk Inventor LT создается поверхностная модель колонны. Поверхностная модель импортируется в универсальную программную систему конечно-элементного анализа ANSYS v.14.0, где на ее основе создается конечно-элементная сетка. Приложив расчетные нагрузки и воздействия, действующие на колонну, получаем расчетную модель.

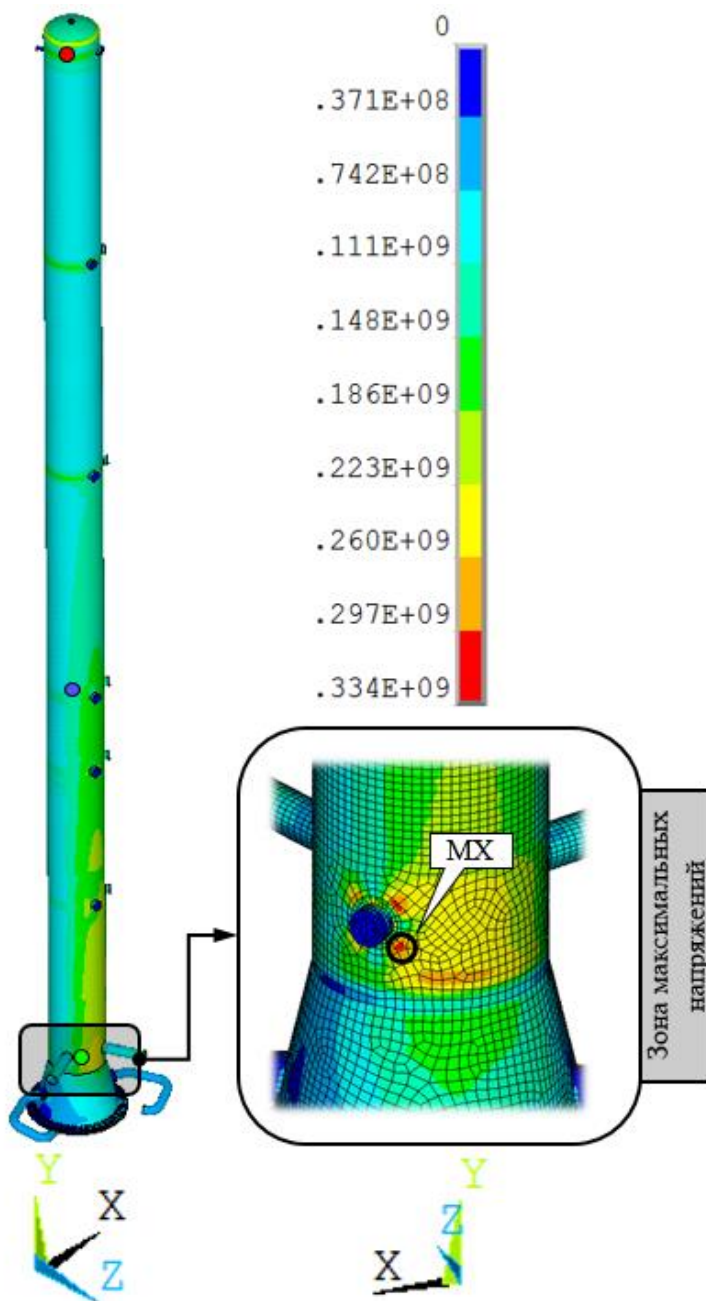
Результатом расчета являются карты распределения напряжений.

Т.к. датчики ориентированы по оси колонны и измеряют напряжения только вдоль данной оси, рассмотрим карту распределения продольных напряжений по оси OY (рис. 5).



■ - тензодатчик

Рис. 5. Карта распределения напряжений по оси OY, Па



○ - критический элемент

Рис. 6. Карта распределения эквивалентных напряжений, Па

Из карты распределения напряжений видно, что тензодатчики (№№1.1, 2.1) в верхней и средней зоне установлены в однородное поле напряжений, а тензодатчик в нижней зоне – в неоднородное. Поскольку при установке датчика в нижней зоне на реальном объекте есть вероятность неточного позиционирования, то рассмотрим различные варианты установки датчика (№№3.1-3.3).

Рассмотрим карту распределения эквивалентных напряжений и выделим на ней зону максимальных напряжений (рис. 6) с целью определения критического элемента (MX) – элемента, который первым достигает допустимых напряжений при увеличении нагрузки.

Оценим каждую выбранную зону установки датчиков. Для этого построим графики зависимости напряжений от нагрузки для каждого установленного датчика и критического элемента (рис. 7).

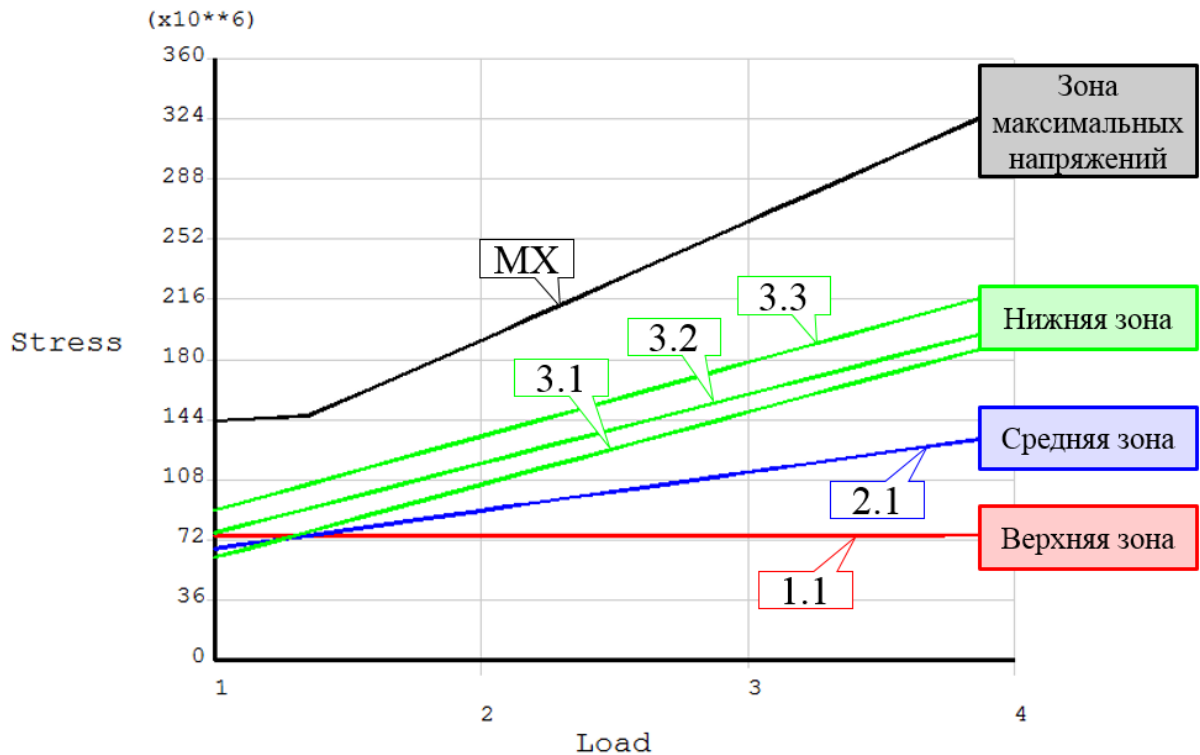


Рис. 7. Зависимость напряжений от нагрузки, Па/-

Из рис. 7 следует, что:

- в верхней зоне показания датчика почти не меняются при увеличении нагрузки (низкий отклик датчика на внешнюю нагрузку);
- в нижней зоне из-за неоднородности поля напряжений невозможно с высокой достоверностью однозначно определить напряжения;
- в средней зоне однородное поле напряжений и удовлетворительный отклик на внешнее воздействие.

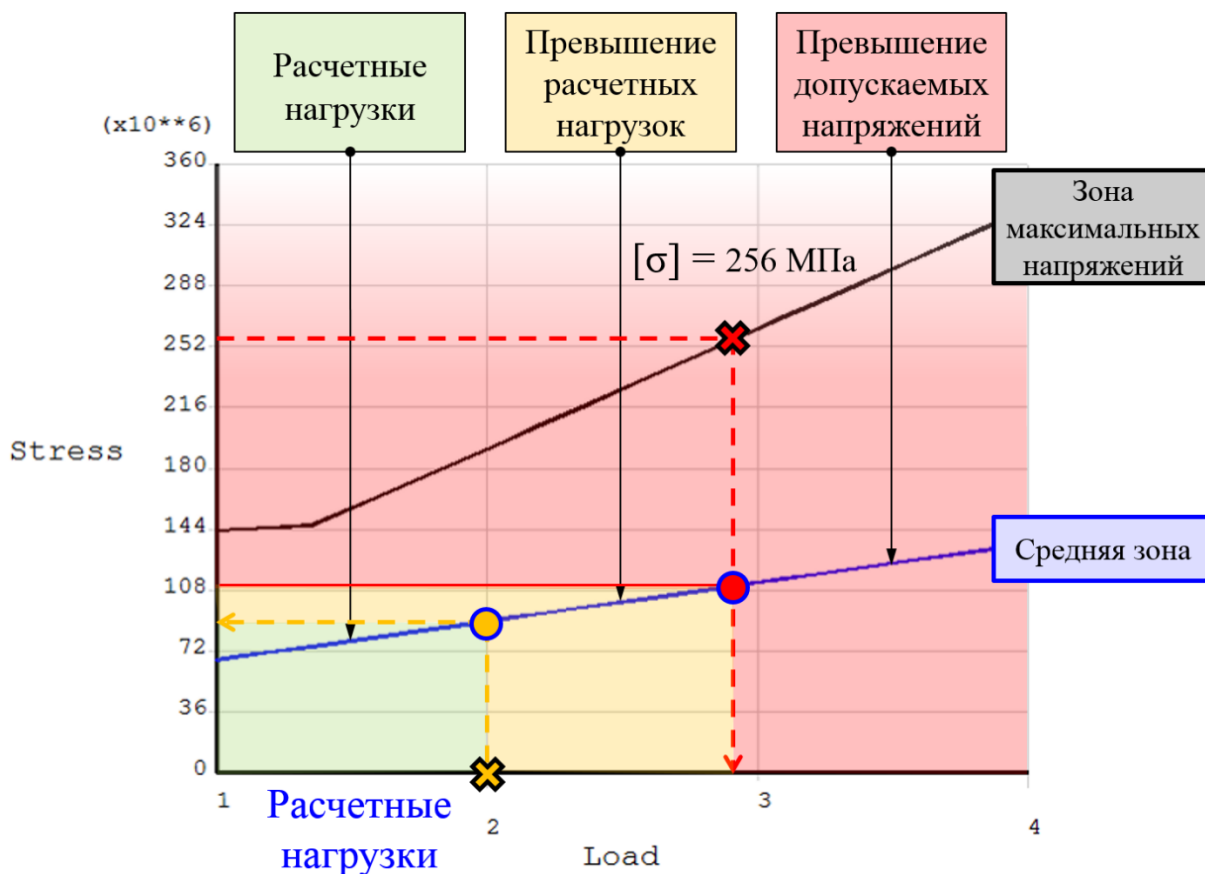
Как следствие, наилучшим местом установки из выбранных зон является средняя зона.

Определение индикаторных интервалов

У выбранной зависимости напряжений тензодатчика в средней зоне выделим две характерные точки, значения напряжений в которых определяются следующим образом:

- 1) желтая – напряжения, показываемые датчиком при действии расчетных нагрузок;
- 2) красная – напряжения, показываемые датчиком при достижении критическим элементом допускаемых напряжений.

На основании полученных точек введем индикаторные интервалы, основанные на фактическом техническом состоянии колонны (рис. 8).



● / ● - характерные точки

Рис. 8. Индикаторные интервалы, Па/-

Применение индикаторных интервалов

Согласно [1] данные интервалы можно характеризовать следующим образом:

- 1) зеленый – состояние допустимо;
- 2) желтый – состояние требует принятия мер;
- 3) красный – состояние недопустимо.

На основании полученных интервалов создается инструкция действий персонала. В случае наличия автоматической обратной связи на исполнительное оборудование, система становится способна сама выполнять ряд необходимых действий (например, снижать рабочие параметры или полностью отключать аппарат) без участия оператора. Алгоритм функционирования такой системы представлен на рис. 9.

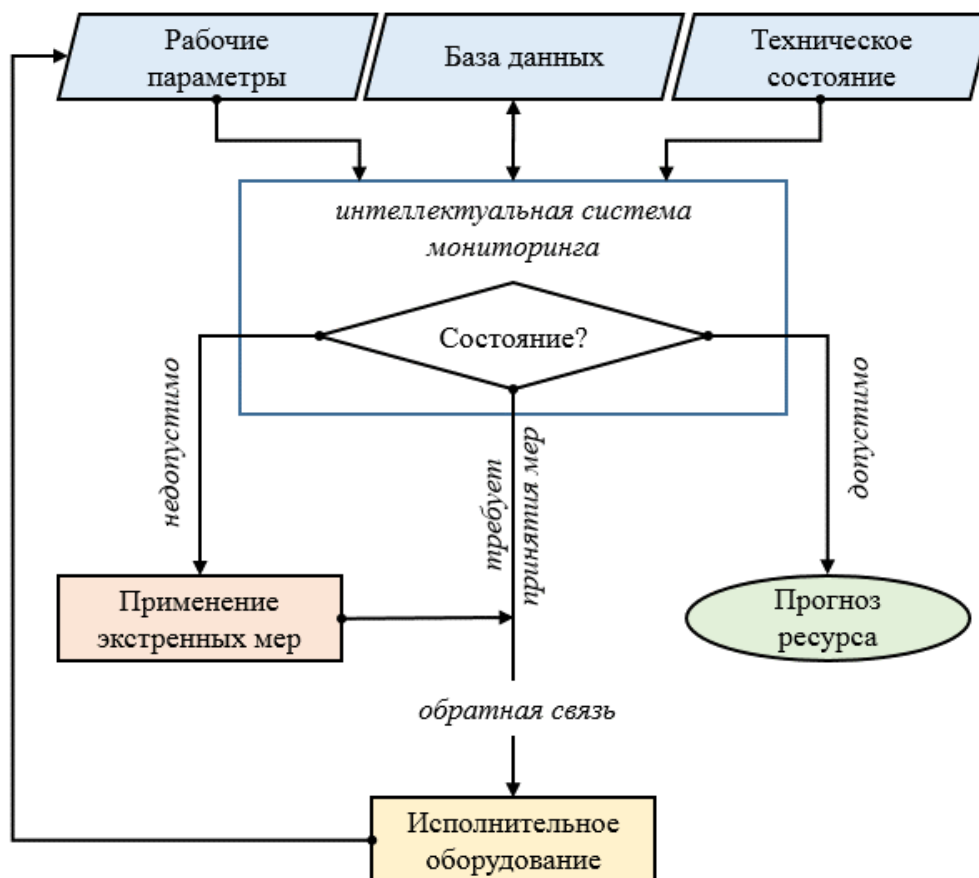


Рис. 9. Алгоритм функционирования интеллектуальной системы мониторинга

Заключение

В данной статье был рассмотрен пример определения индикаторных интервалов для одного из датчиков системы мониторинга при увеличении действия одной из расчетных нагрузок. При монтаже системы мониторинга на реальном объекте используется значительно большее количество различных типов датчиков, что позволяет получать более полную информацию об объекте. Для всех датчиков определяются индивидуальные индикаторные интервалы, которые затем объединяются в единые критерии безопасной эксплуатации оборудования.

Выводы

- 1) Для определения правильных мест установки датчиков системы мониторинга необходимо провести предварительный расчет. На основании проведенного расчета определяются места:
 - с **наилучшим откликом на внешние воздействия**. Наилучший отклик достигается в местах, где диапазон изменения измеряемого параметра наибольший;
 - с **однородным полем напряжений**. В зонах концентрации напряжений или в зонах с неоднородным полем невозможно достоверно определить зависимость между показаниями тензодатчиков и НДС контролируемой зоны.
- 2) Для каждого датчика вводятся **индивидуальные индикаторные интервалы**, характеризующие фактическое техническое состояние объекта.
- 3) Для каждого индикаторного интервала регламентируется комплекс мер и действий для обслуживающего аппарат персонала. При наличии обратной связи эти действия могут носить автоматический характер, что **предотвращает возникновение опасных состояний объекта**.

Список литературы

1. СА 03-002-05. Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования.
2. Бигус Г.А., Даниев Ю.Ф. Техническая диагностика опасных производственных объектов. М. - Наука, 2010. 415 с.
3. Ферапонтов А.В. и др. Новые подходы к регулированию промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2013. - №3.- С.9-11.