

КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ НДТТ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА МЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОСФЕРЫ

CLASSIFICATION AND ANALYSIS NDTT CONTROL AND MONITORING OF MECHANICAL SAFETY OF OBJECTS TECHNOSPHERE

Четверик Николай Павлович -
Заместитель Директора Центра инноваций
в городском хозяйстве НИУ ВШЭ, член Экспертного совета
по реализации пилотного проекта повышения
инновационности государственных закупок в строительной
отрасли при Министерстве регионального развития
Российской Федерации, заместитель председателя
комитета инновационных технологий в строительстве
НОСТРОЙ, член комитета по совершенствованию
тендерных процедур и инновационной деятельности НОП,
член SOVAC при РСПП, член - корр. ВАН КБ,
член «ТК-465- Строительство», эксперт высшей
квалификации и эксперт по строительному контролю ЕС ОС,
аудитор системы менеджмента качества TUV Rheinland

Chetverik Nikolai Pavlovich –
Deputy Director of the Center for Innovation
in the urban economy HSE, a member of the
Expert Council the implementation of the pilot
project increase innovative public procurement
in the construction branch of the Ministry
of Regional Development The Russian Federation,
Deputy Chairman Committee of innovative technologies
in the construction of NOSTROY, a member
of the committee to improve tendering
and innovation EBP SOVAC member of the RSPP,
member - correspondent. WAN CB, member of the
«TK-465-Construction», the expert higher
training and expert building inspection EU OS
auditor of the quality management system TUV Rheinland

АННОТАЦИЯ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НДТТ, КОНТРОЛЬ И МОНИТОРИНГ, МЕХАНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОБЪЕКТЫ ТЕХНОСФЕРЫ

Объект исследования – классификация и анализ одной из наилучших доступных технологий объектов техносферы.

В статье проанализирована наилучшая доступная технология объектов техносферы.

Цель исследования – привлечение внимания всего строительного научного профессионального сообщества к ведению Реестра инновационных и наилучших доступных строительных технологий и строительных материалов.

Метод исследования – аналитический.

ABSTRACT

KEYWORDS: NDTT, CONTROL AND MONITORING, MECHANICAL SAFETY, TECHNOSPHERE OBJECTS.

Object of research - classification and analysis of one of the best available technologies technosphere objects. The article analyzes the best available technology technosphere objects. The purpose of the study - to attract attention of the entire construction of the scientific community to conduct a professional registry innovative and best available technologies and building construction materials. Method of research - analytical.

В нашей статье мы попытаемся на основе федерального законодательства в настоящей области показать классификацию и проанализировать основные наилучшие доступные технологии техносферы (НДТТ) - контроля и мониторинга механической безопасности объектов техносферы, имеющиеся на отечественном рынке.

Методологическую основу механической безопасности объектов техносферы, на данный момент, составляют:

- Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1];

- Федеральный закон от 29 декабря 2004 года №119-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» [2];

- Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3];

- Технический регламент «О безопасности машин и оборудования», утвержденный Постановлением Правительства РФ от 15.09.2009 № 753 [4].

Основой для классификации НДТТ контроля и мониторинга механической безопасности зданий и сооружений объектов техносферы являются следующие национальные стандарты:

- ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования [5].

- ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [6].

Кроме того, к моменту выхода нашего издания, скорее всего, будет утвержден проект национального стандарта ГОСТ Р. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мероприятия по гражданской обороне, мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Комплексы информационно-вычислительные структурированных систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Технические требования. Методы испытаний. Он в данный момент проходит обсуждение.

Основой для классификации НДТТ контроля, мониторинга и диагностики машин и оборудования объектов техносферы являются следующие национальные стандарты:

- ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации [7].

- ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга [8].

Данные национальные стандарты построены в свою очередь на основе других национальных стандартов [9]-[26]. Полезным для нас является также стандарт организации:

- СА 03-002-05. Стандарт Ассоциации Ростехэкспертиза. Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования [27]. Он послужил той отправной точкой, от которой отталкивались специалисты при разработке вышеперечисленных национальных стандартов в части контроля, мониторинга и диагностики машин и оборудования.

Соответственно, уже видно деление НДТТ контроля и мониторинга механической безопасности объектов техносферы на две основные составляющие:

- *НДТТ контроля и мониторинга зданий и сооружений объектов техносферы;*
- *НДТТ контроля, мониторинга и диагностики машин и оборудования объектов техносферы.*

НДТТ контроля и мониторинга зданий и сооружений объектов техносферы можно разделить на следующие типы (достаточно условно):

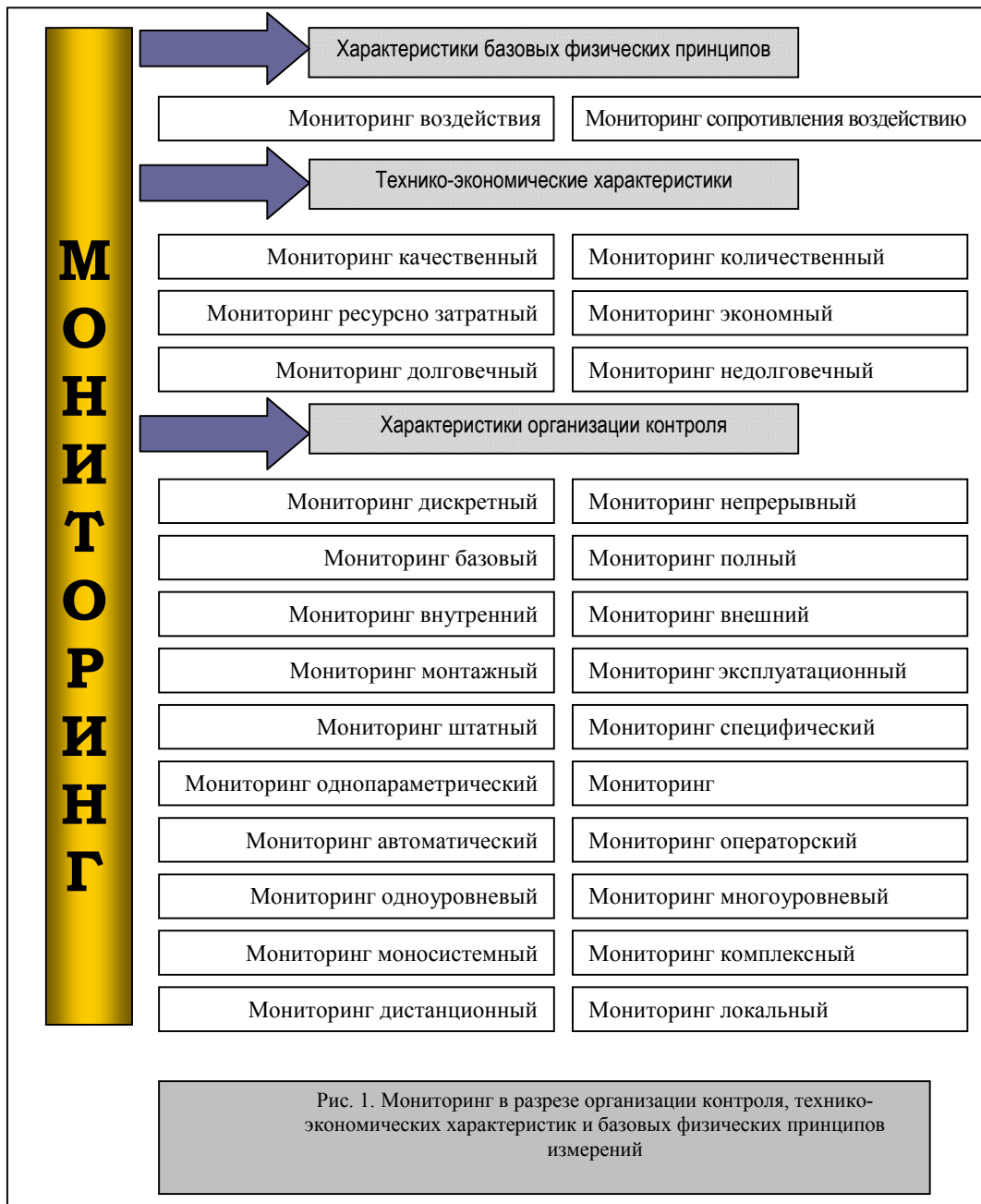
- *геодезического мониторинга с использованием электронных тахеометров;*
- *мониторинга с помощью амплитудных волоконно-оптических систем;*
- *фотограмметрического мониторинга и мониторинга с помощью фотофиксации;*
- *геотехнического (геотехнологического) мониторинга;*
- *геодезического мониторинга высотных зданий и сооружений методом спутниковой геодезии с применением системы навигации GPS (gps-мониторинга);*
- *сейсмического (сейсмометрического) мониторинга;*
- *динамического мониторинга несущих конструкций;*
- *видеогидростатического мониторинга;*
- *мониторинга состояния материала конструкций с помощью химических методов исследования;*
- *мониторинга с применением приборов и аппаратуры неразрушающего контроля;*
- *вибродозиметрический мониторинг;*
- *комплексного мониторинга.*

Процесс мониторинга механической безопасности объектов техносферы (далее-мониторинг) - процесс многопараметрический, сложно организованный, структурно многоуровневый и может потребовать отслеживания многих текущих характеристик и значений. В данной работе предпринята попытка его классификации.

Подобная классификация и варианты количественного осмысления его параметров представляются важными в свете разработки пакета норм, направленных на мониторинг сооружений различного назначения, при контроле разнообразных прочностных, деформационных, физико-химических и др. параметров строительных конструкций.

Предложенные принципы классификации следует рассматривать, как некие операторы в рамках построенной вероятностной модели мониторинга, поэтому расхождения с опубликованными материалами данной направленности возможны и не противоречат самой задаче анализа и классификации НДТТ контроля и мониторинга зданий и сооружений объектов техносферы (далее – мониторинг).

При этом мониторинг обладает рядом функциональных признаков и показателей, по которым его можно разделить на 3 основные группы (см. рис. 1).



Мониторинг разделим по признакам и показателям базовых физических принципов:

- *мониторинг воздействия;*
- *мониторинг сопротивления воздействию.*

По технико-экономическим характеристикам:

- *мониторинг качественный – мониторинг количественный;*
- *мониторинг ресурсно-затратный – мониторинг экономный;*
- *мониторинг долговечный – мониторинг недолговечный.*

По характеристикам организации контроля:

- *мониторинг дискретный – мониторинг непрерывный;*
- *мониторинг базовый – мониторинг полный;*
- *мониторинг внутренний – мониторинг внешний;*
- *мониторинг монтажный – мониторинг эксплуатационный;*
- *мониторинг штатный – мониторинг специфический;*
- *мониторинг однопараметрический – мониторинг многопараметрический;*
- *мониторинг автоматический – мониторинг операторский;*
- *мониторинг одноуровневый – мониторинг многоуровневый;*
- *мониторинг моносистемный – мониторинг комплексный;*
- *мониторинг дистанционный – мониторинг локальный.*

Рассмотрим эти группы характеристик.

Мониторинг воздействия контролирует процесс влияния внешних условий на объект контроля. Мониторинг сопротивления воздействию показывает способность объекта контроля противостоять влиянию внешних условий.

Необходимость такого деления мониторинга объясняется тем фактом, что информация, получаемая от мониторинга воздействия, является односторонней и не позволяет сделать вывод о запасе надежности объекта контроля. Аналогично мониторинг сопротивления воздействию предоставляет данные только о возможности противостоять внешнему воздействию без соответствующей оценки самого воздействия.

В качестве примера, иллюстрирующего деление мониторинга на такие два класса, рассмотрим монолитную железобетонную конструкцию с двумя типами измерительных систем, которые входят в систему мониторинга: волоконно-оптическую систему по типу оптического тестера и акустическую систему на базе пьезокерамических датчиков. Волоконно-оптическая измерительная система позволяет регистрировать деформации, которые происходят в конструкции. Но если данная конструкция потеряла свойства связности монолита не локально, а равномерно по всему объему и постепенно в течение многих лет, в результате

старения или равномерного химического воздействия, то волоконно-оптическая система не зафиксирует глобальную деструкцию, т.к. концентрированного усилия не было. В то же время акустическая измерительная система фиксирует такого вида деструкцию на основании изменения коэффициента поглощения звукового сигнала. Таким образом, мониторинг воздействия в данном примере представлен волоконно-оптической измерительной системой, а мониторинг сопротивления воздействию – акустической измерительной системой.

Здесь важно отметить, что классификация мониторинга по этим признакам однозначно делит мониторинг на два вида, использующих принципиально разные виды измерительных систем. Если принять, что все измерительные системы, фиксирующие физические параметры, базируются на волновой природе, то деление измерительных систем и мониторинга соответствующих видов можно произвести следующим образом:

- измерительные системы, которые в качестве среды распространения сигнала используют ограниченный объект-носитель (для электромагнитных волн – электрокабель, для световода – волоконно-оптический световод и т.д.). Такие измерительные системы являются доминирующими в системах *мониторинга воздействия*.

- измерительные системы, которые в качестве среды распространения сигнала используют сам объект контроля (акустические, магнитные волны). Такие измерительные системы являются доминирующими в системах *мониторинга сопротивления воздействию*.

В соответствии с этим дадим описание первого признака классификации НДТТ мониторинга:

- по отношению к деструктивному воздействию:

а) мониторинг воздействия - осуществление процедуры контроля воздействия посредством измерительной системы;

б) мониторинг сопротивления воздействию – осуществление процедуры контроля сопротивления воздействию посредством измерительной системы.

Перейдем к технико-экономическим характеристикам. Поскольку блок измерений является основным разделом мониторинга, осуществляющим контроль – базовую функцию мониторинга, то технико-экономические параметры блока измерений можно, для краткости, определить как технико-экономические параметры мониторинга. В итоге мониторинг, как инструмент обеспечения безопасности контролируемого объекта, будет иметь объективную технико-экономическую оценку. Эта оценка включает в себя **три основные технико-экономические характеристики мониторинга**:

1. Качество.
2. Стоимость.
3. Срок службы.

В соответствии с общими предельными оценками этих трех характеристик, НДТТ мониторинга может быть:

- с точки зрения точности:

а) оценочным;

б) количественным;

- с точки зрения стоимости:

а) затратным;

б) экономным;

- с точки зрения срока службы:

а) долговечным;

б) ограниченным по времени (недолговечным).

Сформулируем следующие признаки классификации НДТТ мониторинга:

- по типу уровня оценки параметров объекта контроля:

а) качественный мониторинг: информация об объекте носит общий, описательный характер, без получения зависимостей или закономерностей;

б) количественный мониторинг: получаемая информация представлена в виде численных результатов, асимптотических зависимостей или функциональных зависимостей.

- по величине стоимости:

а) ресурсно-затратный мониторинг: стоимость организации мониторинга, включая разработку, апробацию, монтаж, накопление статистических данных и работу при эксплуатации, сравнима со стоимостью проектных работ контролируемого объекта;

б) экономный мониторинг: стоимость организации мониторинга мала по сравнению со стоимостью проектных работ контролируемого объекта.

- по сроку действия мониторинга:

а) долговечный мониторинг: срок действия системы, превышающий срок службы объекта контроля;

б) недолговечный мониторинг: срок действия системы меньше срока службы объекта контроля.

Мониторинг, как инструмент призван следить за состоянием контролируемого объекта и определять начало любого деструктивного события, которое может произойти в зоне, охватываемой датчиками системы контроля и по причине изменения физико-химических параметров, измеряемых этими датчиками. Факторы, влияющие на зарождение и развитие такого деструктивного события, даже при наличии геометрически ограниченной области контроля и при большом количестве контролируемых физико-химических характеристик, практически не поддаются количественной оценке. Именно поэтому мониторинг – элемент

вероятностной модели обеспечения надежности конструкции. Дадим классификацию строительного мониторинга в соответствии с теми признаками, которые являются доминирующими в конкретной ситуации.

По частоте контроля во времени мониторинга может быть:

- *дискретный мониторинг, в виде планового контроля (разовое обследование за определенный период времени);*
- *непрерывный мониторинг, в виде постоянного отслеживания состояния сооружения с помощью измерительной системы, работающей в режиме реального времени.*

По определению полноты области контроля:

- *базовый мониторинг – измерительная система контролирует несколько основных конструктивных узлов, заранее определенных разработчиками как места максимального потенциального риска, либо тех узлов, которые были определены как возможные источники деструктивной ситуации в результате контрольного обследования;*
- *полный мониторинг – измерительная система контролирует все сооружение в целом и любая область сооружения находится в зоне контроля нескольких датчиков.*

По типу локализации измерительной системы:

- *внутренний мониторинг – измерительная система размещена внутри элементов сооружения при изготовлении этих элементов или при монтаже сооружения, или после монтажа – путем внедрения в структуру существующего контролируемого сооружения,*
- *внешний мониторинг – измерительная система размещена на внешней поверхности контролируемого сооружения при изготовлении элементов сооружения или при монтаже сооружения, или после монтажа – на внешней поверхности контролируемого сооружения.*

По моменту установки измерительной системы:

- *монтажный мониторинг – измерительная система устанавливается на элементах контролируемого объекта во время монтажа сооружения для осуществления процедуры контроля параметров сооружения в процессе строительства,*
- *эксплуатационный мониторинг – измерительная система устанавливается на контролируемом объекте после завершения строительства сооружения и сдачи его в эксплуатацию для осуществления процедуры контроля параметров сооружения в процессе эксплуатации.*

По типу режима, в котором эксплуатируется объект контроля:

- *штатный мониторинг – объект находится в условиях эксплуатации, не выходящих за границы среднестатистического режима зданий по параметрам внешнего воздействия;*

- *специфический мониторинг – объект находится в условиях эксплуатации, характеризующихся как экстремальные по параметрам внешнего воздействия: повышенная сейсмонеустойчивость, повышенная пожароопасность, высокий уровень радиации, многолетнемерзлые грунты основания и т.д.*

По количеству параметров объекта контроля, фиксируемых измерительной системой:

- *однопараметрический мониторинг – измерительная система контролирует один параметр объекта контроля;*

- *многопараметрический мониторинг - измерительная система контролирует более одного параметра объекта контроля.*

По типу организации опроса каналов измерительной системы:

- *автоматический (автоматизированный) мониторинг – измерительная система организована по типу мультиплексного комплекса, алгоритм опроса и методика переключения каналов заданы системной программой и не зависят от оператора;*

- *операторский мониторинг – измерительная система активизируется оператором и оператор определяет режим опроса и методику получения информации.*

По типу информации, получаемой в результате контроля:

- *одноуровневый мониторинг – представляется базовая информация об общем состоянии объекта контроля на интегральном уровне, по принципу «Норма- тревога»;*

- *многоуровневый мониторинг – представляется информация нескольких уровней: первый уровень – базовый, интегральные характеристики, низкочастотная система контроля, далее – уровень более точный и более ресурсно затратный – и т.д.*

По количеству измерительных систем, используемых для мониторинга:

- *моносистемный мониторинг – используется измерительная система, базирующаяся на одном физическом принципе или использующая один тип измерительных приборов;*

- *комплексный мониторинг – используется несколько измерительных систем, каждая из которых базируется на независимом физическом принципе.*

По типу удаленности от объекта контроля:

- *дистанционный мониторинг – мониторинг осуществляется с операторского пункта, удаленно от объекта контроля;*

- *локальный мониторинг – мониторинг осуществляется при конкретном контакте с объектом контроля, при дискретном обследовании.*

Современная практика, к сожалению не всегда являющая примеры абсолютно безопасного и надежного строительства, настоятельно требует обязательного и повсеместного введения мониторинга. Эта тенденция, будучи сегодня содержательно обоснованной, должна

привести к нормативным документам, формально закрепляющим мониторинг, как на стадии проектирования, так и на стадиях строительства и эксплуатации сооружений.

НДТТ контроля, мониторинга и диагностики машин и оборудования объектов техносферы можно разделить по следующим направлениям:

- *по количеству и виду методов неразрушающего контроля;*
- *по типу экспертной системы;*
- *по объему выявляемых неисправностей;*
- *по вероятности ошибки статического распознавания состояния оборудования;*
- *по вероятности ошибки динамического распознавания состояния оборудования;*
- *по риску пропуска внезапного отказа;*
- *по числу измерительных каналов системы;*
- *по способу опроса датчиков;*
- *по архитектуре построения;*
- *по типу анализатора сигналов;*
- *по типу индикатора состояния;*
- *по наличию и уровню диагностической сети;*
- *по типу управления.*

Рассмотрим каждое направление в отдельности.

По количеству и виду методов контроля состояния (методов неразрушающего контроля):

- *комплексные системы;*
- *специализированные системы.*

Специализированные системы используют один метод контроля.

Комплексные системы используют набор различных методов контроля.

По типу экспертной системы:

- *системы поддержки принятия решений;*
- *диагностические;*
- *системы индикации состояния.*

Системы индикации состояния осуществляют только определение вида технического состояния объекта (например, исправен/не исправен) без указаний на причину неисправности.

Диагностические системы наряду с определением технического состояния должны указывать одну или несколько причин неисправного состояния объекта.

Системы поддержки принятия решений включают в себя свойства диагностических систем и должны выдавать предписания персоналу для предотвращения опасного состояния объекта и приведения его в нормальное состоян

По объему выявляемых неисправностей:

- *широкого класса;*
- *узкого класса.*

Системы узкого класса выявляют неисправности только одного узла агрегата, например подшипника.

Системы широкого класса должны выявлять неисправности различных узлов агрегата, а также неисправности в его работе по технологической схеме агрегата.

По вероятности ошибки статического распознавания состояния оборудования:

- *малой вероятности ошибки;*
- *средней вероятности ошибки;*
- *большой вероятности ошибки.*

Системы малой вероятности ошибки должны обеспечивать вероятность ошибки менее 5%. Системы средней вероятности ошибки должны обеспечивать вероятность ошибки не более 30%. Системы большой вероятности ошибки допускают вероятность ошибки более 30%.

По вероятности ошибки динамического распознавания состояния оборудования:

- *малой вероятности ошибки;*
- *средней вероятности ошибки;*
- *большой вероятности ошибки.*

Системы малой вероятности ошибки должны обеспечивать вероятность ошибки менее 5%. Системы средней вероятности ошибки должны обеспечивать вероятность ошибки не более 30%. Системы большой вероятности ошибки допускают вероятность ошибки более 30%.

По риску пропуска внезапного отказа:

- *низкого риска пропуска;*
- *среднего риска пропуска;*
- *высокого риска пропуска.*

Системы низкого риска пропуска должны обеспечивать риск пропуска внезапного отказа менее 5%. Системы среднего риска пропуска должны обеспечивать риск пропуска внезапного отказа не более 30%.

Системы высокого риска пропуска допускают риск пропуска внезапного отказа более 30%.

По числу измерительных каналов системы:

- *многоканальные;*
- *одноканальные.*

По способу опроса датчиков:

- *универсальные (параллельно-последовательные);*

- параллельные;

- последовательные.

Последовательные системы осуществляют поочередное измерение сигналов и их обработку. Последовательные измерения могут проводиться как автоматически, так и человеком-оператором (переносные системы).

Параллельные системы осуществляют одновременное измерение сигналов и их последующую обработку.

Универсальные (параллельно-последовательные) системы имеют смешанную структуру: устанавливают группы каналов, внутри каждой группы сигналы измеряются последовательно, а затем осуществляется параллельная обработка выходных сигналов групп и/или наоборот.

По архитектуре построения:

- распределенные;

- сосредоточенные.

Вся аппаратура сосредоточенной системы (за исключением датчиков) размещается в одном месте, как правило, на удалении от объекта мониторинга.

Аппаратура распределенной системы может размещаться непосредственно на объекте мониторинга.

По типу анализатора сигналов:

- векторные;

- скалярные.

В скалярных системах результатом работы анализатора сигналов являются одночисловые значения (общего уровня вибрации, температуры и т.д.).

Векторные системы в результате обработки информации наряду с одночисловыми значениями должны выдавать одномерные и многомерные массивы данных, производить спектральную, корреляционную и другую математическую обработку.

По типу индикатора состояния:

- комплексные;

- многоуровневые;

- простые.

Простые индикаторы состояния имеют только функцию отображения состояния объекта.

Многоуровневые индикаторы состояния наряду с отображением состояния объекта должны иметь функции отображения состояний и параметров его различных составных частей.

Комплексные индикаторы состояния включают в себя функции многоуровневых индикаторов и должны отображать: даты пуска/останова систем и агрегатов, их наработки на разные виды отказа, прогноз остаточного ресурса, а также выводят информацию по

следующим каналам: звуковому, печати протоколов, передачи данных по сети (публикация на Web-сервере).

По наличию и уровню диагностической сети:

- автоматическая диагностическая сеть;

- ручная диагностическая сеть, интегрированная с переносными системами мониторинга;

- ручная диагностическая сеть;

- отсутствие диагностической сети.

Ручная диагностическая сеть обеспечивает доступ к данным стационарных систем мониторинга и диагностики с компьютеров удаленных пользователей путем ручных операций по манипуляции с адресами, через поиск нужных файлов, режимы их просмотра и регистрации.

Ручная диагностическая сеть, интегрированная с переносными (персональными) системами должна обеспечивать посредством ручных операций доступ удаленных пользователей к данным как стационарных систем мониторинга, так и переносных средств диагностирования.

Автоматическая диагностическая сеть должна при однократном обращении к сети обеспечивать автоматическое представление на компьютерах удаленных пользователей полной информации о состоянии оборудования, полученной как автоматическими стационарными системами мониторинга, так и переносными (персональными) устройствами. При этом представление информации на дисплее пользователя должно совпадать с представлением информации на дисплеях стационарных и переносных устройств. Передача информации производится посредством выделенных и коммутируемых телефонных каналов, проводных и оптических линий Ethernet, радиоканалов и др.

По типу управления:

- автоматические;

- автоматизированные;

- ручные.

Ручные системы выполняют большинство функций мониторинга под управлением человека-оператора.

Автоматизированные системы должны выполнять основные функции мониторинга автоматически, а вспомогательные - под управлением человека-оператора.

Автоматические системы мониторинга должны выполнять все функции мониторинга автоматически. Человек в автоматических системах может использоваться как звено управления для выдачи управляющих воздействий на объект.

По количеству и виду методов неразрушающего контроля:

- по акустическому методу;
- по акустико-эмиссионному методу;
- по электрическому методу;
- по вихрековому методу;
- по радиационному методу;
- по радиоволновому методу;
- по тепловым методам;
- по оптическим методам;
- по капиллярному методу;
- по магнитному методу;
- по методу магнитной памяти металлов.

- комплексная система мониторинга состояния технологического оборудования в реальном времени - колонн, емкостей, резервуаров, реакторов, трубопроводов и другого оборудования - должна реализовывать комплекс методов неразрушающего контроля с целью обеспечения минимальной ошибки распознавания опасного состояния.

Рекомендуется включать в ее состав акустико-эмиссионный метод неразрушающего контроля и параметрический для оценки и привязки к режимам работы оборудования. Целесообразно также применять вибродиагностический метод для мониторинга состояния фундаментов и трубопроводной обвязки.

Проанализируем самые яркие, если можно так выразиться, НДТТ контроля и мониторинга зданий и сооружений объектов техносферы.

Типовая система автоматизированного мониторинга технического состояния строительных конструкций должна иметь следующую структуру:

- первичные датчики и оборудование;
- система сбора, управления и первичной обработки данных измерений;
- комплекс специального программного обеспечения по обработке данных и отображению результатов мониторинга;
- комплекс специального программного обеспечения по оценке реального технического состояния (устойчивости, сейсмостойкости, остаточного ресурса долговечности);
- комплекс специального программного обеспечения по определению управляющих решений и рекомендаций по эффективной эксплуатации.

Первичные датчики и оборудование предназначены для:

- измерения колебаний строительных конструкций;
- измерения наклонов, прогибов и кренов строительных конструкций;
- измерения неравномерной и абсолютной осадки оснований зданий и сооружений;

- измерения геометрических параметров здания с использованием автоматизированной высокоточной геодезической аппаратуры;
- измерения напряжений в строительных конструкциях (фундаментная плита, колонны, перекрытия, несущие стены).

Система сбора, управления и первичной обработки данных предназначена для централизованного управления, получения и обработки данных измерений с помощью каналов проводной или беспроводной связи, хранения результатов измерений, проверки работоспособности и калибровки первичных датчиков и оборудования.

Система сбора, управления и первичной обработки данных реализуется на базе типовых информационных систем класса SCADA.

Об этой технологии достаточно рассказано на страницах многих изданий, в т.ч. на портале «Наука и безопасность» (www.pamag.ru).

Предлагаем к рассмотрению комплексную систему мониторинга, диагностики и восстановления объектов техносферы, которая строится на основе НДТТ «Песконасос» (так для краткости будем называть технологию изменения жесткости основания) [28]- [33].

Данная система является многофункциональным инструментом обеспечения механической безопасности для строительных сооружений объектов техносферы (см. рис. 2).

Обладая широким спектром возможностей, система предназначена для пресечения чрезвычайных происшествий техногенного или природного характера в строительстве на всех стадиях развития возможного аварийного события: начальные деструктивные изменения, появление недопустимых деформаций или перемещений, разрушение строительной конструкции или отдельных ее элементов.

Здесь необходимо сделать существенное замечание по терминологии. Говоря об аварийном событии, мы несколько расширяем это понятие. Поскольку задача мониторинга – предупредить чрезвычайное происшествие, а любое аварийное событие имеет определенную во времени историю развития, то в нижеизложенном тексте «аварийное событие» будет означать не только разрушение конструкции или другие отклонения эксплуатационных параметров сверх допустимых пределов. Главным образом «аварийное событие» будет означать выход контролируемых параметров за установленные в системе мониторинга пределы, т.е. существенное увеличение вероятности чрезвычайного происшествия.

Следует подчеркнуть, что разработанная комплексная система может быть применена к любым строительным конструкциям путем синтеза изложенных ниже идей и конкретных технических условий.

Надежность результатов расчета фундаментных плит недостаточна, особенно при значительном заглублении подземных частей зданий, возрастании этажности и плановых размеров, учете взаимного влияния возводимых сооружений, усложнении технологии

строительства. Это обусловлено многими причинами, среди которых первостепенное значение имеют следующие:

- невысокая достоверность информации об инженерно-геологических условиях основания сооружения (история формирования, природное напряженное и деформированное состояние грунтов в пределах активной зоны деформации, прогноз изменения напряженно-деформированного состояния оснований за счет незавершенности процессов консолидации грунтов, развитие инженерно-геологических процессов глобального масштаба),

- недостаточное развитие теории и методических аспектов в задаче описания механических свойств грунтов основания в общем случае пространственного напряженного и деформированного состояний,

- погрешности, обусловленные заданием значений нагрузок и способов их передачи на элементы несущих конструкций сооружения.

В результате расчета (даже при использовании безупречного расчетного аппарата по численной реализации краевых задач) можно получить только математическое ожидание по значениям, например, контактных напряжений по подошве фундаментных плит, опорных усилий и деформации несущих конструкций надземной части здания. Какие напряжения, деформации и перемещения возникают фактически – вопрос открытый. Но в соответствии с математическим ожиданием напряжений, деформаций и перемещений рассчитано армирование железобетонной фундаментной плиты, сечение и армирование основных элементов несущей конструкции надземной части сооружения. Если фактические напряжения, усилия и деформации близки к математическому ожиданию, то надежность сооружения соответствует проектной, а, следовательно, достаточна. Если же указанные параметры расходятся с математическим ожиданием – следует решать вопрос о внесении изменений в систему «основание – фундамент - надземная конструкция».

При этом наибольшие возможности в решении задачи приведения в соответствие данных расчета (математическое ожидание, эталонный результат) с данными натурных наблюдений имеются в случае корректировки в плане и по глубине характеристик жесткости (значений «модуля деформации») в определенных зонах основания, а не за счет изменения конструктивной схемы несущего каркаса здания.

Таким образом, при возведении ответственных зданий и сооружений появляется необходимость разработки комплексной системы мониторинга, диагностики и восстановления на этапах строительства, сдачи сооружения в эксплуатацию и его эксплуатации, включающей в себя взаимосвязанные решения следующих вопросов:

- получение достоверных данных о распределении контактных напряжений по подошве фундаментных плит, необходимых для сопоставления полученных результатов с эталонными данными.

- получение достоверных данных по фактическим опорным усилиям на плиту от основных элементов несущего каркаса здания, необходимых для сопоставления полученных результатов с эталонными данными.

- получение достоверных данных для обоснования параметров стадийного упрочнения грунтов основания или (в случае необходимости) упрочнения в процессе эксплуатации. Цель упрочнения – сблизить до безопасного предела эталонные данные с данными фактических наблюдений.

- разработка эффективной технологии для решения задач корректировки, в необходимом масштабе, жесткости основания плиты.

Принципиально система может осуществлять заявленные функции контроля и диагностики для элементов строительных конструкций различного исполнения: кирпичная кладка, монолитный и сборный железобетон, металлические конструкции. Кроме того, датчики системы могут быть помещены как внутри контролируемого объекта, так и снаружи. Разнообразие вариантов исполнения, не меняя сути системы, предусматривает различные технологические процедуры по ее установке и сопровождению.

В предложенном ниже описании рассматривается частный вид реализации системы, а именно: система мониторинга, обеспечивающая надежную работу фундаментов зданий.

Представленная система включает в себя 2 комплекса датчиков, электронный блок для обработки информации и производственную установку по планомерному изменению жесткости грунтов основания, в частности, под фундаментными плитами.

Техническая новизна системы заключается в следующем:

- использование датчиков (напряжений, деформаций, перемещений), базирующихся на новейших достижениях, основанных на физических принципах, изучаемых передовой фундаментальной наукой;

- принципиально новый системный подход в организации автоматизированного процесса мониторинга, основанный на нескольких независимых измерительных системах, каждая из которых включает в себя проверку усилий, передаваемых на фундаментную плиту и основные элементы несущих конструкций, и возможность дистанционного контроля;

- применение технологии «Песконасос», обеспечивающей адресное, дозированное и необратимое изменение жесткости грунтов основания фундаментной плиты.

Предлагаемая система мониторинга не имеет аналогов в России, а зарубежные аналоги превосходит по следующим параметрам:

- наличие трех уровней обеспечения безопасности;

- наличие уникальной установки корректировки напряженно-деформированного состояния грунтов (технология «Песконасос»);
- возможность осуществление мониторинга состояния различных элементов конструкций зданий и сооружений.

Установка элементов контрольно-измерительной приборной базы технологически проста, не требует интенсивного курса обучения, практически не создает дополнительных временных затрат при бетонировании или монтаже несущих элементов, а также при возведении фундамента. Комплектующие и детали системы на сегодня являются доступными по цене и номенклатуре для массового применения в России. При ежедневной эксплуатации система позволяет организовать автономную процедуру контроля усилий, передаваемых на элементы здания, их деформации, передавать текущую информацию на любое расстояние, а в случае возникновения предаварийной ситуации - формировать сигнал тревоги, передающийся на локальный или удаленный (центральный) дисплей. Благодаря сочетанию с технологией «Песконасос» система, в отличие от зарубежных вариантов, представляет собой замкнутый цикл контроля, диагностики и восстановления, обеспечивающих надежную работу фундамента. Все компоненты системы экологически безопасны и не оказывают вредного влияния на организм человека и окружающую среду. При этом система легко адаптируется для применения в потенциально опасных ситуациях (наличие мощных электромагнитных полей, агрессивных химических сред, радиационного излучения и т.д.).

Система 1 уровня

Комплекс волоконно-оптических датчиков 1-го уровня представляет собой оптический тестер, обеспечивающий недорогой способ контроля по принципу «норма-тревога», главным элементом которого является волоконно-оптический световод. Топология укладки световода позволяет охватить весь объем фундаментной плиты или другой анализируемой конструкции (см. рис. 3«а»). Для закрепления в фундаментной плите световод привязывают к прутам арматуры снизу до заливки бетонной массы.

Фактически это распределенный датчик, который реагирует на внутренние механические напряжения и деформации или тепловые нагрузки, а также позволяет регистрировать акустическую эмиссию.

Комплекс волоконно-оптических датчиков 1-го уровня состоит из трех основных частей:

1. Источник излучения;
2. Волоконно-оптический световод;
3. Измеритель оптической мощности.

Источник излучения, содержащий светодиод, генерирует световой луч, который, проходя по световоду, теряет некоторую часть своего потока вследствие ряда причин и, в частности, в результате внешнего воздействия на световод. Любое механическое или тепловое воздействие

на световод порождает геометрическое изменение его формы или микроповреждение, что автоматически влечет изменение мощности светового потока, фиксируемой измерителем. На этом основан принцип мониторинга контролируемого фрагмента конструкции, оснащенной волоконно-оптическим датчиком 1-го уровня. При достижении заданного критического значения, означающего наличие предельной механической или тепловой нагрузки в каком-либо месте конструкции, комплекс волоконно-оптических датчиков 1-го уровня сигнализирует оператору через электронный блок обработки сигналов об аварийной ситуации. Методика определения места аварийного события при поступлении аварийного сигнала в системе мониторинга 1-го уровня от комплекса волоконно-оптических датчиков представлена на рис. 3 «б».

Еще раз подчеркнем, что на работу волоконно-оптического датчика не влияют такие внешние факторы, как электромагнитные поля, радиация, химически агрессивные среды. Топология закладки световода может быть разработана таким образом, что в случае его разрыва из контролируемой зоны комплекса волоконно-оптических датчиков 1-го уровня уходит только строго определенная часть элемента конструкции, остальные области продолжают контролироваться комплексом. При этом даже при наличии разрыва неповрежденные отдельные отрезки световода полноценно работают как датчики при использовании рефлектометров – приборов, анализирующих различные виды обратно рассеянного излучения. В этом случае вступает в силу система 2-го уровня.

Потенциально комплекс волоконно-оптических датчиков 1-го уровня может выполнять более масштабную задачу, чем просто сигнал об аварийной ситуации в фундаментной плите как интегральный показатель ухудшения качества контролируемого объекта. При определенной топологии укладки световода возможно уже на 1-м уровне мониторинга определить место возникновения дефекта с высокой точностью.

Рассмотрим топологию укладки световода, представленную на рис. 4. Здесь предложен вариант комплекса волоконно-оптических датчиков 1-го уровня с двумя источниками света и двумя измерителями оптической мощности (условно две различные волоконно-оптические сети обозначены красным и синим цветом). Каждая пара опорных отрезков световодов соединена оптическим разъемом, который вынесен на поверхность фундаментной плиты.

При поступлении аварийного сигнала, означающего падение оптической мощности в волоконно-оптической сети до критического уровня, оператор приступает к определению места аварийного события. Для этого он снимает оптические разъемы и последовательно пропускает световой сигнал через каждый опорный световод продольной и поперечной сетей с соответствующим измерением оптической мощности. После завершения тестирования всех опорных отрезков световодов определяются световоды продольной и поперечной сетей, в зонах влияния которых произошло аварийное событие. Пересечение найденных зон (полос)

фиксирует место аварийного события. Предложенная топология является базовой и может быть адаптирована для произвольных форм плиты в плане. При этом точность локализации аварийного события может быть повышена путем уменьшения расстояния между опорными отрезками световодов, а также за счет расположения световодов в плоскостях, расположенных на различной высоте.

Комплекс пьезокерамических датчиков 1-го уровня представляет собой семейство «кустов» акустических излучателей и приёмников, помещаемых в фундаментную плиту при её заливке. Каждый элемент куста снабжен электропитанием через электропровод, выведенный во внешнюю зону к оператору. Акустический сигнал возбуждается в излучателе и распространяется во всей среде фундаментной плиты. Основой комплекса пьезокерамических датчиков 1-го уровня являются пьезоэлектрические преобразователи, которые используются в качестве и излучателей и приёмников ультразвука. В качестве материала акусточувствительного элемента применяется пьезокерамика (цирконат-титонат свинца), позволяющая придавать ему любую форму. Принцип работы пьезоэлектрического преобразователя основан на использовании прямого и обратного пьезоэффекта.

Все пьезоэлектрические материалы при деформировании электрически поляризуются (прямой пьезоэффект) и на электродах, нанесённых на поверхность пьезоэлектрика, возникает электрический заряд. Приложение электрического напряжения к электродам вызывает их механическую деформацию (обратный пьезоэффект). При работе пьезоэлектрического преобразователя в режиме обратного пьезоэффекта на его электроды подаётся электрическое напряжение, под действием которого его пластина изменяет свою толщину. Если напряжение знакопеременно, то пластина колеблется в такт этим изменениям, создавая в окружающей среде упругие колебания. При этом пьезоэлектрический преобразователь работает как излучатель. И наоборот, если пластина воспринимает импульс давления, то на её обкладках, вследствие прямого пьезоэффекта, появляются заряды, величина которых может быть измерена. В этом случае пьезоэлектрический преобразователь работает как приёмник.

Физическая схема действия комплекса пьезокерамических датчиков 1-го уровня состоит в следующем. Зондирующее излучение от излучателя распространяется непосредственно в контролируемой фундаментной плите и позволяет получать информацию о распределении упругих характеристик бетона, ударной вязкости, внутренних напряжениях, гранулометрическом составе и изменении характеристик бетона как сплошной среды. К таким изменениям следует отнести следующие события:

- коррозия арматуры;
- набор прочности бетоном;
- глобальная деструкция фундаментной плиты;
- образование локальных полостей;

- зарождение микротрещин;
- развитие магистральных трещин.

Особо необходимо отметить, что комплекс пьезокерамических датчиков 1-го уровня, работающий в режиме измерения сигналов акустической эмиссии, является сигнализатором предаварийного состояния фундаментной плиты

Сигналы от волн напряжений в фундаментной плите, находящейся под нагрузкой, передаваемые акустическими приемниками, обрабатываются спектроанализатором.

В отличие от стандартного ультразвукового метода, в котором единственным измеряемым параметром является скорость распространения ультразвуковых колебаний, предложенный анализ позволяет определять большее число параметров (измерение скорости распространения колебаний, частотное распределение коэффициента затухания, акустического импеданса точек контакта с бетоном) и точно определять координаты и тип сложных повреждений.

Полученные сигналы на приемниках подвергаются статистической обработке и полученный интегральный показатель проверяется на превышение заданного уровня безопасности.

Электронный блок обработки сигналов имеет критерий на основе откалиброванных значений, согласно которому интегральный коэффициент анализа акустического сигнала не должен выходить за табулированные пределы. В случае достижения заданных пределов комплекс пьезокерамических датчиков 1-го уровня сигнализирует оператору о аварийной ситуации.

Важно еще раз отметить, что помимо анализа интегрального состояния, комплекс пьезокерамических датчиков 1-го уровня позволяет зарегистрировать предаварийное состояние фундаментной плиты как факт лавинообразного возрастания энергии акустической эмиссии при нагрузках, близких к предельным.

Физическое устройство пьезокерамических излучателей акустического сигнала позволяет, в случае необходимости, взять на себя функции приемников. Аналогично возможна трансформация функций акустических приемников в функции акустических излучателей.

Система 1-го уровня. Комплекс пьезокерамических датчиков представлена на рис. 5.

1-й уровень: КОНТРОЛЬ-ТРЕВОГА

Система непрерывного автоматизированного мониторинга состояния конструкций с возможностью формирования аварийного сигнала в случае выхода значений контролируемых параметров в зону потенциального риска



2-й уровень: АНАЛИЗ-ДИАГНОЗ

Система высокоточной диагностики и обработки аварийного сигнала для получения информации о локализации и классификации аварийного события. Включает в себя определение пакета предложений по ликвидации чрезвычайной ситуации (ЧС)



3-й уровень: ЛИКВИДАЦИЯ ЧС – ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИИ

Система реализации мер по устранению причин, создавших чрезвычайную ситуацию и восстановление прочностных характеристик сооружения в безопасных пределах.

По завершении происходит автоматическое возвращение к 1-му уровню

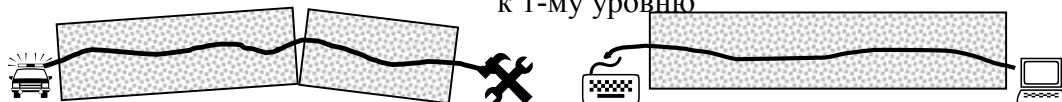


Рис.2. Комплексная система мониторинга, диагностики и восстановления конструкций в строительстве

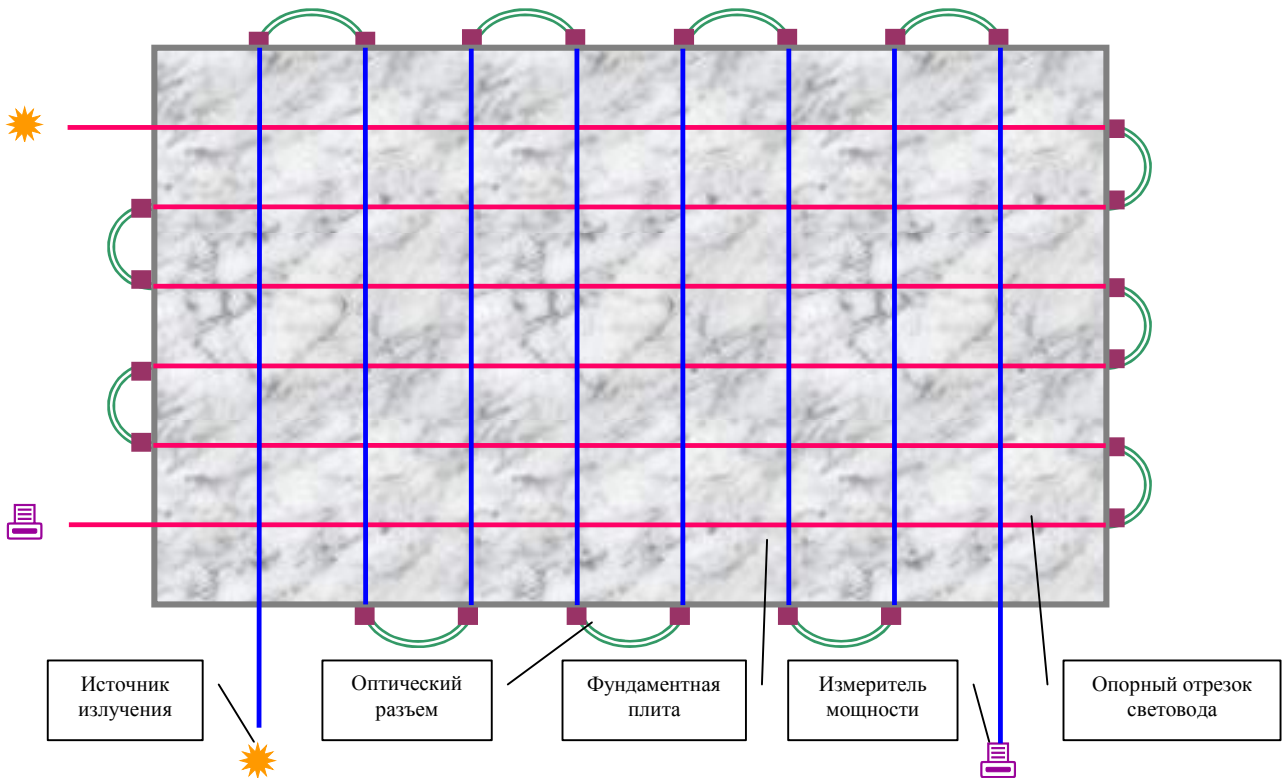


Рис. 3«а». Перекрестная топология укладки световодов для определения места аварийного события в системе мониторинга 1-го уровня комплексом волоконно-оптических датчиков

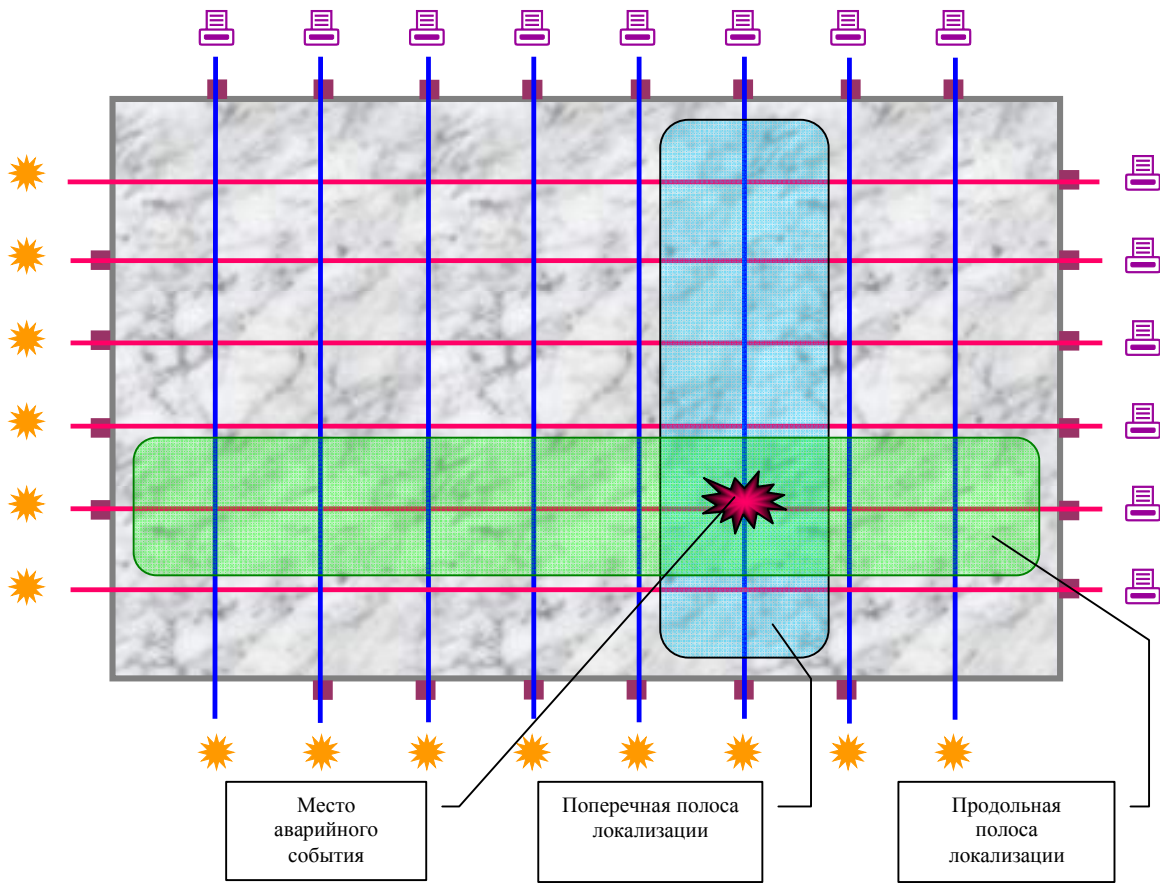
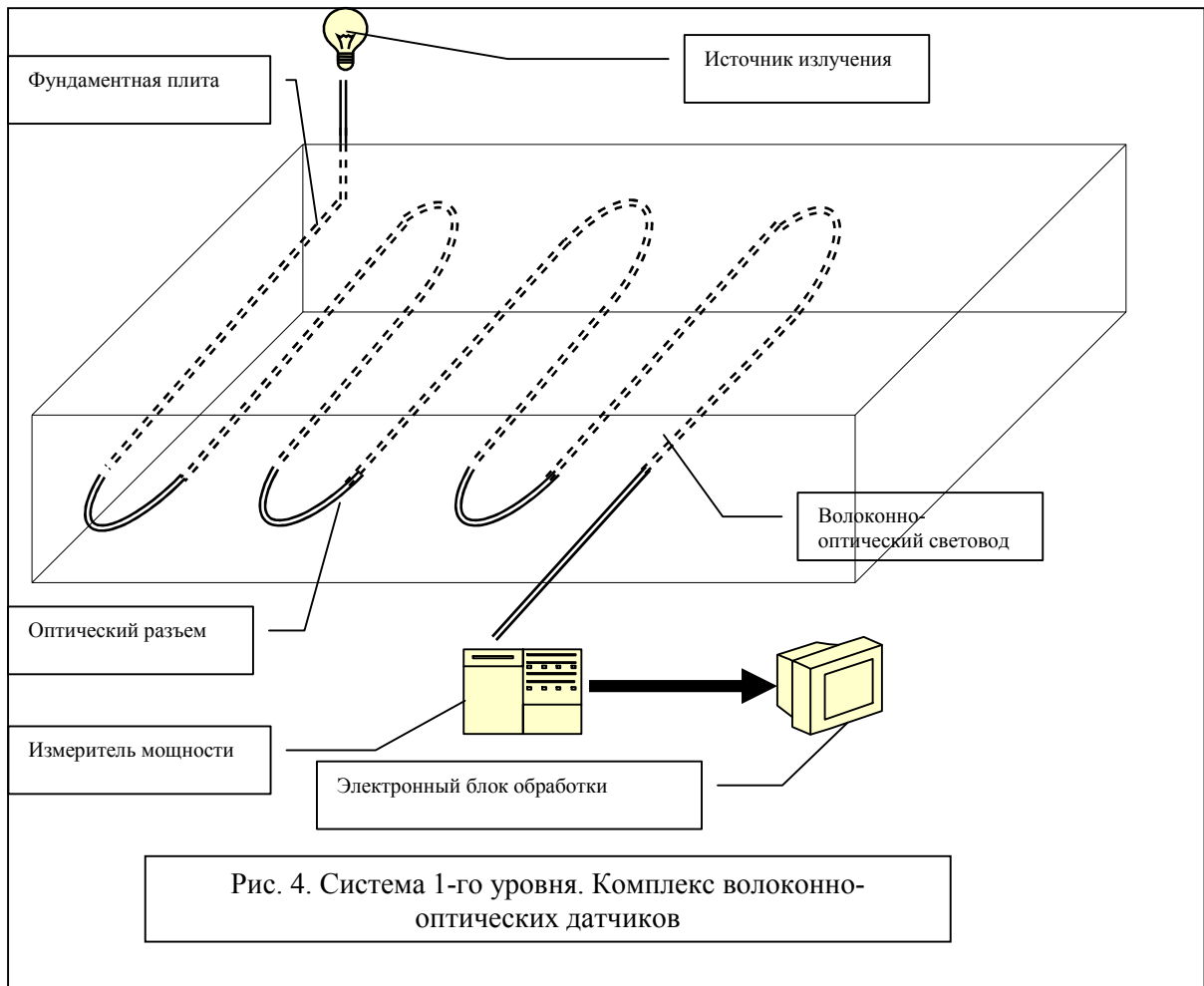
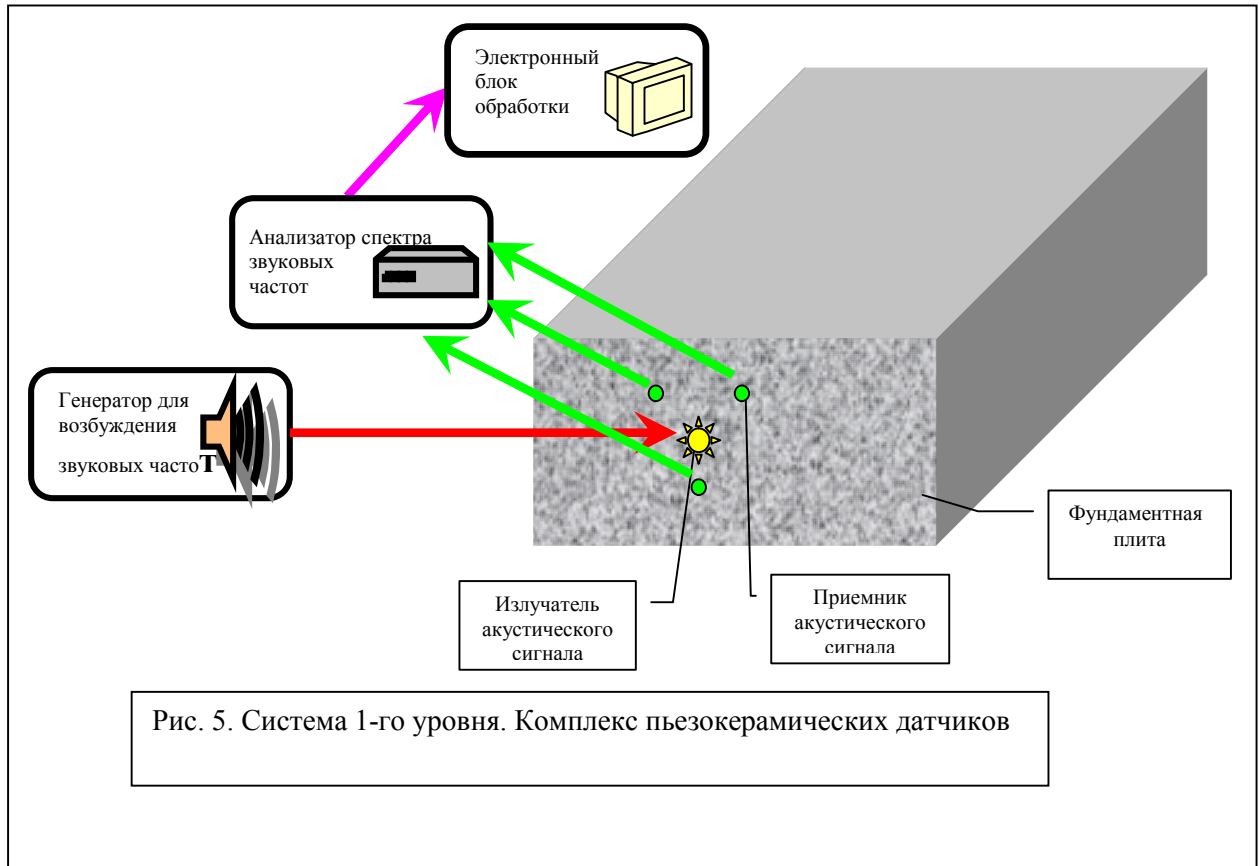


Рис. 3«б». Методика определения места аварийного события при поступлении аварийного сигнала в системе мониторинга 1-го уровня от комплекса волоконно-оптических датчиков





Система 2 уровня

В случае срабатывания сигнала «Тревога» на 1-м уровне процесс мониторинга переходит на 2-й уровень системы. На 2-м уровне система выполняет две функции: анализ аварийной ситуации и определение мероприятий, необходимых для ликвидации этой ситуации.

Система мониторинга 2-го уровня использует комплексы волоконно-оптических и пьезокерамических датчиков 1-го уровня и, дополнительно, набор рефлектометров и спектроанализаторов. На 1-м уровне система мониторинга выполняет базовые функции (контроль и сигнал тревоги) самостоятельно и не требует вмешательства оператора. Система 2-го уровня требует привлечения высококвалифицированных специалистов. При помощи заложенных датчиков обоих типов вкупе с информацией, полученной от подключения с дополнительного оборудования, осуществляется широкомасштабная обработка сигнала с применением соответствующих математических моделей и методов.

Подключение дополнительного оборудования, в частности, дает возможность:

- для светового излучения - анализировать разновидности обратно рассеянного в световоде излучения,

- для акустического излучения - измерять скорости распространения акустических колебаний, частотного распределения коэффициента затухания, акустического импеданса точек контакта с бетоном.

В результате обработки массива полученных показателей специалисты получают данные для точной диагностики с получением информации о локализации и классификации аварийного события. Ошибка геометрической локализации аварийного события определяется топологией закладки датчиков, а также точностью анализирующих приборов и позволяет определить искомое место с точностью до 1 метра. Система мониторинга 2-го уровня позволяет однозначно идентифицировать вид аварийного события, проявляющегося в виде:

- тепловых или механических напряжений;
- деформаций растяжение-сжатие, кручения или сдвига;
- зарождения микротрещины;
- развития макротрещины;
- деструкции бетона;
- коррозии арматуры.

Если отдельно рассмотреть класс волоконно-оптических датчиков, измеряющих температуру, деформации и давление, то многие из них базируются на различных интерферометрических схемах. Схема действия пьезокерамического акустического датчика представлена на рис. 6.

В таких схемах диагностика состояния волоконного световода осуществляется, как правило, с помощью различных типов рефлектометров, позволяющих анализировать разновидности обратно рассеянного в световоде излучения: Релеевского, Рамановского и Бриллюэновского рассеяния. В первом случае анализируемый сигнал формируется в результате рассеяния света от различных микронеоднородностей в световоде, в том числе от трещин и мест разрывов световода. Обозначим через ν_0 частоту возбуждающего излучения, через $\Delta\nu$ - смещение частоты излучения. Тогда Рамановское и Бриллюэновское рассеянные излучения имеют частоту света, смещенную на $\Delta\nu$ относительно возбуждающего излучения ν_0 . При этом в первом случае смещение пропорционально температуре $\Delta\nu \sim T$, а во втором $\Delta\nu \sim \sigma$, где σ - величина механического напряжения в сердцевине световода. Последовательный опрос состояния участков световода достигается благодаря специальной форме возбуждающего света в виде коротких импульсов с длительностью $\tau = (5 \div 10) \cdot 10^{-9}$ сек, определяющий локальность (пространственное разрешение) измерений $\Delta L = c \times \tau / 2$, где c - скорость света в световоде.

В ходе диагностики фундаментной плиты комплексом пьезокерамических датчиков 2-го уровня измеряется распределение по её объёму следующих параметров ультразвуковых колебаний:

- спектральных характеристик коэффициента затухания;
- спектральных характеристик коэффициентов рассеяния;
- скорости распространения в продольном и поперечном направлениях;
- энергии сигналов акустической эмиссии.

Такой набор измеряемых характеристик позволяет получать наиболее полную, всестороннюю информацию о техническом состоянии фундаментной плиты.

Совместное использование двух комплексов вышеописанных датчиков однозначно дает информацию о классе события. Благодаря набору высокоточных приборов (рефлектометры и спектроанализаторы) процедура анализа и диагностики проводится в максимально короткие сроки, не превышающие несколько часов. Система мониторинга 2-го уровня включает в себя подготовку пакета предложений по ликвидации чрезвычайной ситуации.

Система мониторинга 2-го уровня включает в себя комплексы волоконно-оптических и пьезокерамических датчиков, составляющих основу системы 1-го уровня, а также – измерительно-аналитическую аппаратуру, фиксирующую, анализирующую и определяющую вид и место аварийного события. Наличие двух независимых комплексов датчиков с соответствующими измерительно-аналитическими приборами позволяет обрести системе мониторинга следующие важные характеристики:

- дублирование диагностики: для максимальной достоверности и верификации полученных результатов;
- возможность более полной трактовки зафиксированной аварийной ситуации в силу различных базовых физических принципов анализирующих комплексов.

Принцип действия волоконно-оптического датчика представлен на рис. 7«а» и 7«б».

Система 3 уровня

После получения информации о месте и виде аварийного события и выработки рекомендаций по ликвидации отрицательных последствий вступает в силу система 3-го уровня. На 3-м уровне система выполняет главную, завершающую операцию – устранение причин возникновения аварийной ситуации.

Система 3-го уровня использует уникальную установку «Песконасос», позволяющую изменять характеристики основания и тем самым восстанавливать несущую способность фундамента. Общая схема действия «Песконасоса» представлена на рис. 8. В скважину 1 помещается обсадная труба 2, труба 3 для подачи давления P (воздуха, жидкости) к рабочему органу в виде эластичного нагнетателя 4. Пространство между трубами 2 и 3 заполняется песком, поступающим «самотеком» из бункера 5. При подаче давления P эластичная оболочка 4 впрессовывает песок в окружающий массив грунта по траекториям типа 6. При сбросе

давления нагнетатель 4 возвращается в исходное положение. Образовавшийся объем заполняется новой порцией песка из бункера 5 «самотеком».

Цикл повторяется. В радиальном направлении возрастают напряжения σ_r по сравнению с природными их значениями; что приводит к увеличению значения модуля деформации E в пределах диаметра D . Увеличение количества n – циклов подачи и сброса давления P приводит к дальнейшему увеличению D и соответствующему эффекту увеличения «жесткости» грунта в упрочненной области (при этом происходит снятие эффекта релаксации σ_r). После завершения упрочнения грунта в положении Z_i , установка перемещается в более высокое положение. Набор операций на различных Z_i позволяет образовать упрочненного грунта в пределах \bar{D} (впрессованный песок и обжатый грунт) и H . Величины D , \bar{D} , P , H , n являются назначаемыми параметрами упрочнения по технологии «Песконасос».

При n циклов подачи и сброса давления P объем впрессованного песка возрастает в пределах контура 5. Давление P при увеличении D возрастает, является величиной, значение которой задается расчетом и определяет меру предусмотренного упрочнения грунта. Отношение D/d может достигать 10-20, D упрочнения (включая область пластической и упругой деформации) – до 1,5-3,0 м. При завершении упрочнения грунта на нижнем горизонте, обсадная труба совместно с нагнетателем поднимается на новую отметку и, таким образом, последовательно выполняется упрочнение в пределах H . В пределах зоны упрочнения значения модуля деформации можно увеличить до $2 \div 3$ и более раз. Также возрастает сопротивление сдвигу за счет увеличения суммы нормальных напряжений и уменьшения степени приближения грунта к состоянию предельного равновесия.

Приводим характерные задачи геотехнического строительства, где использованные технологии «Песконасос» наиболее эффективны:

- корректировка эпюры контактных напряжений по подошве фундаментных плит высотных зданий;
- корректировка опорных усилий несущего каркаса здания за счет изменения жесткости в заданной части основания. Уменьшение дополнительной осадки существующего здания, попадающего в зону влияния нового строительства;
- уменьшение дополнительной осадки фундаментов при надстройке существующего здания.

С использованием технологии «Песконасос» удастся:

- строго адресно увеличить значение модуля деформации в заданном объеме основания в $2 \div 5$ раз,
- произвести повторное увеличение жесткости, если в первом варианте усиления эффект оказался недостаточным или в случае, если во времени ухудшаются свойства грунтов

основания (например, происходит дополнительное увлажнение грунтовой толщи, развиваются суффозионные процессы),

- получить эффект упрочнения необратимого свойства, исключив негативное влияние релаксационных процессов.

После проведения восстановительных операций система мониторинга 3-го уровня завершает свою функцию и вступает в силу система 1-го уровня.

Необходимо отметить, что применение «Песконасоса» является важным, но частным случаем при ликвидации аварийной или чрезвычайной ситуации, определенной системой мониторинга 1-го и 2-го уровней. Разнообразие конструктивных, эксплуатационных и иных обстоятельств при возникновении аварийной ситуации настолько велико, что спектр мероприятий, определяющих восстановление контрольных параметров в эталонных пределах, очень широк. Все эти методы являются необходимым и обязательным минимумом в арсенале специалистов по обеспечению безопасности зданий и сооружений. Песконасос в этом ряду является новым и эффективным элементом, который способен решать задачи, недоступные ранее известным технологиям. В более общем случае система 3-го уровня позволяет ликвидировать нарушения в эксплуатационных характеристиках, обнаруженных на 1-м и 2-м уровнях системы.

Дальнейшее развитие предложенной комплексной системы мониторинга, диагностики и восстановления должно основываться на следующих принципиальных аспектах:

1. Разработка средств измерения напряжений в грунтах и контактных напряжений по подошве фундамента.

2. Усовершенствование системы 1-го и 2-го уровней для измерения деформаций и напряжений фундаментной плиты и других основных элементов несущей конструкции здания.

3. Разработка класса волоконно-оптических и пьезокерамических датчиков, конкретно ориентированных на решение задач мониторинга сооружений, измеряющих основные физико-химические параметры, имеющих при этом низкую стоимость и оптимальные технологические параметры.

4. Разработка оптимальной технологии установки комплексов волоконно-оптических и пьезокерамических датчиков.

5. Усовершенствование системы 3-го уровня - технологии «Песконасос» для решения задач корректировки в необходимом масштабе жесткости основания плиты, а также разработка и совершенствование технологий улучшения эксплуатационных и, в первую очередь, прочностных показателей несущих конструкций зданий и сооружений.

6. Разработка алгоритма и комплекса программных средств для:

- численного расчета системы «основание - плита - надземная конструкция»;

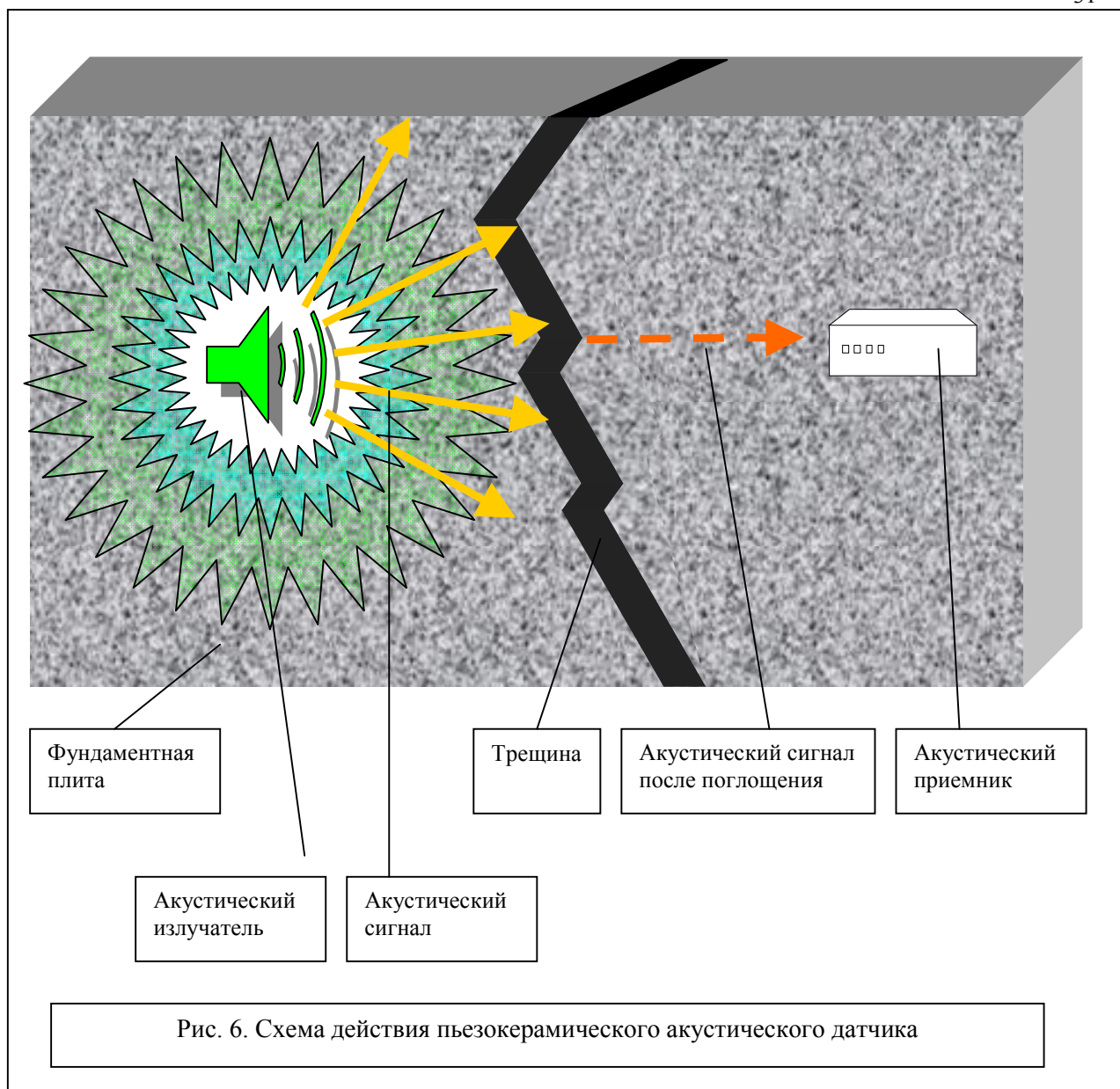
- определения необходимости работ по корректировке напряженно-деформированного состояния основания или элементов конструкции;
- назначения необходимого масштаба и технологических параметров упрочнения.

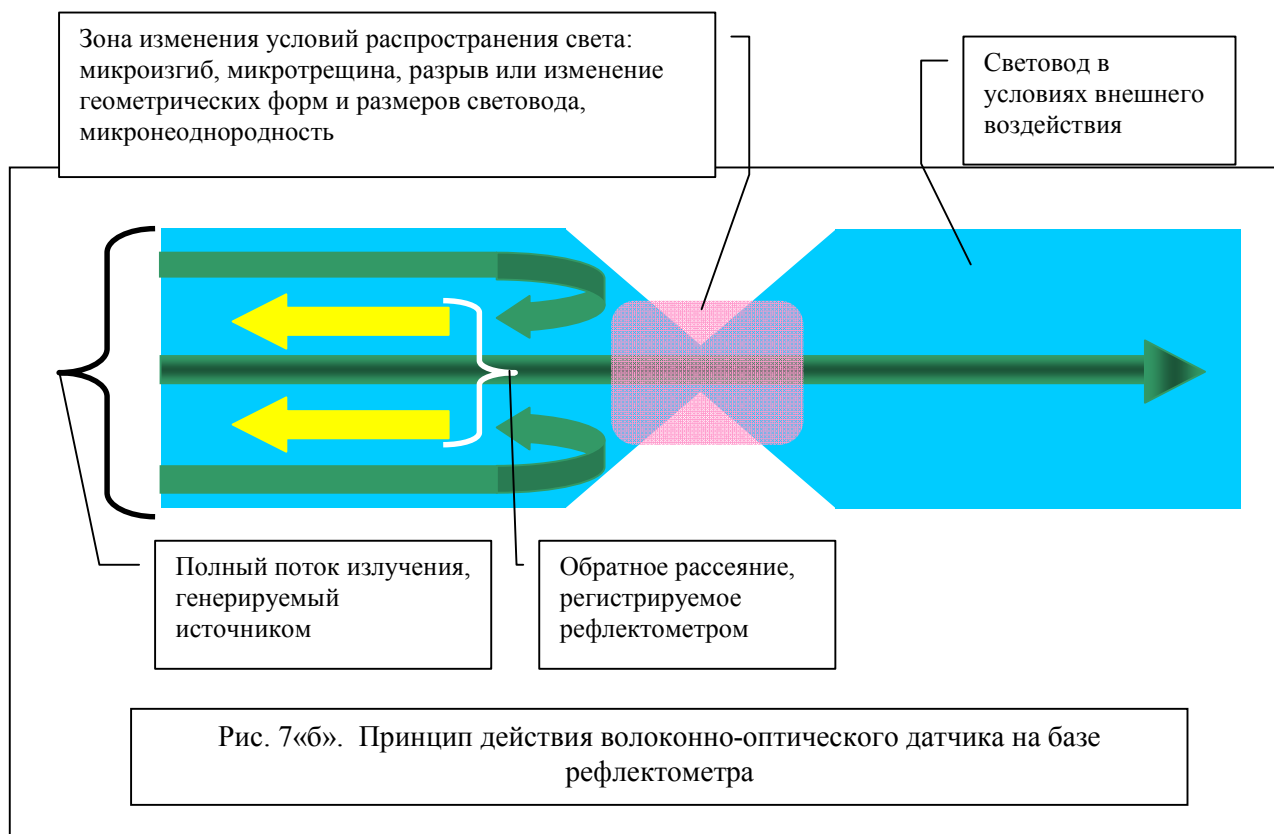
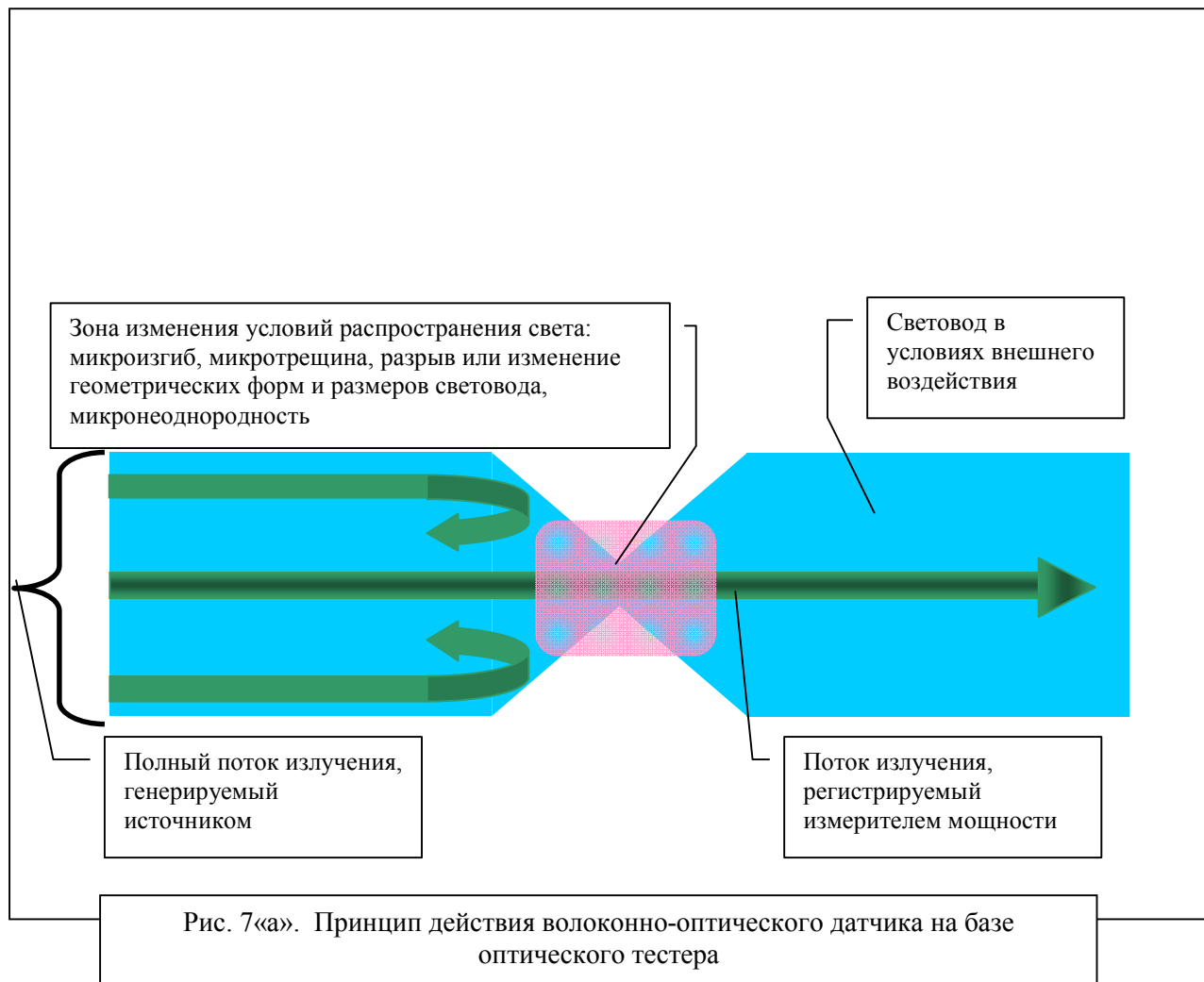
Предложенная комплексная система мониторинга, диагностики и восстановления конструкций является результатом применения нескольких методов, находящихся на стыке следующих научно-технических дисциплин:

- механика грунтов, оснований и фундаментов;
- сопротивление материалов;
- строительная механика;
- теория упругости;
- волоконная оптика;
- акустика;
- электроника;
- программирование;
- приборостроение.

Кроме того, эта система является новым инструментом, сочетающим в себе оригинальную идеологическую конструкцию, принципиально новую элементную базу и методические аспекты применения. Как было отмечено выше, проведенные эксперименты с комплексами волоконно-оптических и пьезокерамических датчиков, а также с установкой «Песконасос» свидетельствуют о следующем:

- система удовлетворительно осуществляет заявленные функции контроля, диагностики и восстановления;
- система может быть встроена в строительный процесс в технологически приемлемой форме и в допустимые сроки;
- система обеспечивает значительный экономический эффект при невысокой стоимости установки и обслуживания.





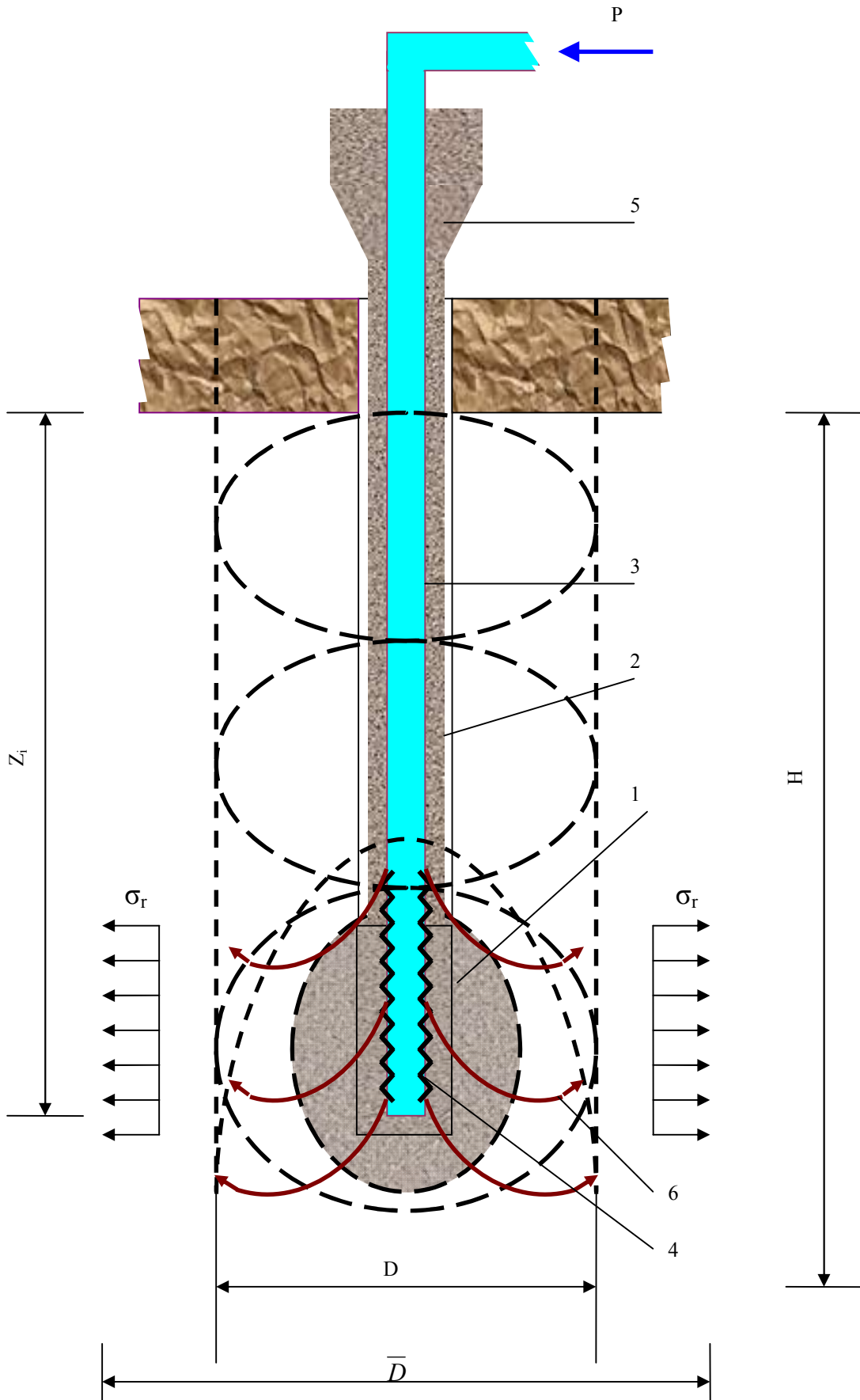


Рис. 8. Схема технологических операций «Песконасос»

НДТТ «Песконасос» заключается в том, что в стенки предварительно пробуренной скважины производится впresseвание в радиальном направлении сыпучего материала (мелкого щебня, песка, сухой пескоцементной смеси.) Основная задача при этом – существенное увеличение напряжения в грунтовом массиве (основании сооружения), действующего в горизонтальном направлении $\bar{\sigma}_{xx}$. Если, например, для природного состояния характерно значение $\sigma_{xx} = \zeta \cdot \gamma \cdot Z$ (ζ - коэф. бокового давления, γ - объемная масса грунта, Z - расстояние до поверхности), то после операции впresseования сыпучего материала (при использовании достаточно простых технологических приемов) достигается среднее значение $\bar{\sigma}_{xx}$ в 5÷7 раз превышающее σ_{xx} . Следствием этого является резкое увеличение параметров, определяющих качество грунтов в строительном отношении – значения модуля деформации E и предельного сопротивления сдвигу (τ) пред. Увеличение значений E и τ пред. происходит не только в пределах объема впresseованного нового материала, но и в значительной части окружающего массива природного грунта. Определяющее значение при этом имеет:

- 2 ÷ 3 кратное увеличение (в сопоставлении с природным) суммы нормальных напряжений;
- создание условий работы грунта в зоне упрочнения по схеме “разгрузки” (после предшествующей нагрузки при впresseовании сыпучего материала и увеличения σ_{xx});
- цикличность организации процесса впresseования, что положительно сказывается на получаемых значениях E и (τ) пред., и, в основном, – на необратимости достигнутого эффекта деформационного упрочнения грунта и сведении на нет релаксации напряжений $\bar{\sigma}_{xx}$;
- строгая адресность области изменения напряженного состояния грунтового массива (основания сооружения);
- возможность умеренного темпа изменения напряженного состояния (особенно важно для работы в водонасыщенных грунтах, при растянутых во времени процессах фильтрационной консолидации);
- возможность многократного повторения намеченного увеличения $\bar{\sigma}_{xx}$, а, в необходимом случае, при увеличенных значениях σ_{xx} .

Впresseование сыпучего материала осуществляется в двух вариантах технического решения толкателя:

1. В виде эластичного элемента, расширяющегося при подаче внутреннего давления воздуха или жидкости (происходит впresseование окружающего песка); диаметр эластичного толкателя уменьшается при сбросе давления и освободившаяся полость принудительно заполняется новой порцией песка шнековым толкателем. Цикл многократно повторяется до

получения отказа, задаваемого, например, по достигнутому давлению впрессования или объему впрессованного сыпучего материала. Тот или иной вариант отказа увязывается с содержанием задачи при проектировании упрочнения основания.

2. В виде металлического защитного пластинчатого стакана с радиальным расширением за счет давления в резиновом баллоне (камере), расположенной в центральной части стакана. Металлические пластины по внешнему контуру защитного стакана имеют и элементы шпековой навивки для подачи песка в продольном направлении из резервного объема.

Имеют большое значение следующие детали технологии:

- верхняя часть скважины должна быть защищена обсадной трубой. В противном случае не удастся достигнуть высокого давления в трубчатой эластичной навивке (выдавливание грунта в скважину в верхней части эластичного толкателя). При решении практических задач давление воздуха или жидкости повышается до 15 и более атм. Такое повышение давления определяет основной положительный момент рассматриваемой технологии. Например, при впрессовании даже достаточно жесткого цементно-песчаного раствора удастся поднять давление до 3÷5 атм (несовершенство конструкции пакеров, явление гидроразрыва, иной механизм взаимодействия впрессовываемого раствора с окружающим грунтом).

Повышение давления в трубчатой эластичной навивке до расчетного значения производится ступенями с целью обеспечения многоциклового эксплуатационной пригодности толкателя. Так, если проектом предусмотрено $d=100\text{мм}$, $D_{\text{кон}}=300\text{ мм}$, то на практике выполняется 5÷6 ступеней увеличения давления, исходя из ограничения в увеличении радиуса впрессованного материала на каждой ступени в пределах 15÷20мм. В этом отношении надежнее оказывается технологическая схема, когда давление создается посредством впрыскивания дозированного объема жидкости - кинематическая схема (давление измеряется). При подаче ступеней давления воздуха - силовая схема (объем впрессованного песка фиксируется) сохранность эластичного толкателя обеспечивается в меньшей степени (неоднородность упрочняемого грунта, природные пустоты на начальной стадии прессовывания). Вопрос выдержки давления при каждой ступени его нарастания малосущественен при упрочнении неводонасыщенных грунтов и рассматривается специально при упрочнении водонасыщенных грунтов. Например, рассмотрим регламент работы при кинематической схеме упрочнения. Производится впрыск расчетного объема жидкости, соответствующий увеличению радиуса эластичного толкателя на 15мм и, после этого, сброс давления. Возвратно-поступательным вращением шнекового толкателя обеспечивается заполнение образовавшейся полости из резерва песка внутри обсадной трубы. Производится повторный впрыск заданного объема жидкости и фиксируется максимальное давление. Число выполненных впрысков позволяет оценить диаметр впрессованного сыпучего материала D , максимальное давление в жидкости при впрыске – возникающее радиальное напряжение в

окружающем массиве грунта. Отметим при этом, что рассматриваемой технологии присущ элемент автоматизированного контроля за достигнутым качеством упрочнения грунтового массива. Высокому качеству инженерно-геологических изысканий и проектной работы отвечает соответствие между проектными и фактическими значениями величин D и фиксируемого максимального давления впрыска;

- при радиальном напряжении на границе эластичного толкателя в пределах 15 атм возникает обширная область грунта, находящегося в состоянии предельного равновесия (внутренний выпор). Для обеспечения «внутреннего выпора» (особенно при упрочнении грунта в верхней части массива H), высота эластичного толкателя h должна быть ограничена. Анализ указанного вопроса крайне затруднен в связи с недостаточно разработанной теорией описания механических свойств грунтов в условиях общего вида пространственного напряженно-деформированного состояния, большой неопределенностью в формулировке начального (природного) напряженно-деформированного состояния упрочняемого массива грунта, необходимостью учета цикличности нагрузки и разгрузки, влияния темпа нагружения. В практической работе h задается в пределах 70-100 см, в лабораторных установках - 10÷15 см.

При разработке регламента работ с использованием технологии «Песконасос» должны быть определены 3 основных параметра:

1. Давление впрессования P_v в эластичном толкателе.
2. Начальный диаметр скважины d_1 .
3. Расстояние между скважинами L .

Необходимые размеры (в плане и по глубине) упрочняемой зоны основания устанавливаются на основе данных расчета соответствующей краевой задачи (например, численными методами) с использованием параметров деформируемости и прочности, характерных для упрочненного грунта.

Технология «упрочнения» грунтов «Песконасос» расширяет распространенные на практике производственные возможности по преобразованию механических свойств оснований таких как:

- устройство грунтовых, песчаных, известковых свай;
- впрессовывание грунта при реверсивном вращении бурового шнека;
- использование разрядно – импульсной технологии (РИТ);
- технология «Геомассив».

Возможность строго адресного, строго дозированного, при необходимости повторяемого аналитически прогнозируемого воздействия на грунты основания выявляют в ряде конкретных задач преимущества, которые могут оказаться определяющими при выборе метода упрочнения.

Автор настоящей статьи видит мониторинг на основе своих работ [34] - [69].

Использованные источники

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 29 декабря 2004 года №119-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» [2];
3. Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
4. Технический регламент «О безопасности машин и оборудования», утвержденный Постановлением Правительства РФ от 15.09.2009 № 753.
5. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования.
6. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
7. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации.
8. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга.
9. ГОСТ Р ИСО 17359-2009 «Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство по организации контроля состояния и диагностирования».
10. ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем».
11. ГОСТ Р 51901.2-2005 (МЭК 60300-1:2003) «Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности».
12. ГОСТ Р 53564-2009 «Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга».
13. ГОСТ Р ИСО 17359-2009 «Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство по организации контроля состояния и диагностирования».
14. ГОСТ Р 22.1.10-2002. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг химически опасных объектов. Общие требования.
15. ГОСТ Р 22.2.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Нормируемые метрологические и точностные характеристики средств контроля и испытаний в составе сложных технических систем, формы и процедуры их метрологического обслуживания. Основные положения и правила.
16. ГОСТ Р 51364-99 (ИСО 6758-80). Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия.
17. ГОСТ Р 51330.0-99 (МЭК 60079-0-98). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования.
18. ГОСТ Р 51330.10-99 (МЭК 60079-11-99) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь i.
19. ГОСТ Р 52005-2003. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Общие требования.
20. ГОСТ Р 52081-2003. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Термины и определения.
21. ГОСТ Р ИСО 10816-1-97. Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях. Общие требования.
22. ГОСТ Р ИСО 10816-3-99. Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях. Ч. 3. Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15 000 мин⁻¹.
23. ГОСТ Р ИСО 10816-4-99. Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Ч. 4. Газотурбинные установки.
24. ГОСТ Р ИСО 2954-97. Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным движением. Требования к средствам измерений.

25. ГОСТ Р ИСО 7919-3-99. Вибрация. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах.
26. ГОСТ Р ИСО 8579-2-99. Вибрация. Контроль вибрационного состояния зубчатых механизмов при приемке.
27. СА 03-002-05. Стандарт Ассоциации Ростехэкспертиза. Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования.
28. Рубцов О.И., Грошев В.А., Новиков С.Я., Варламов С.К. Экспериментальное исследование степени повышения несущей способности песчаных грунтов основания при использовании технологии «Песконасос» / Вестник МГСУ №4 2010, с. 305-310.
29. Знаменский В.В., Крыжановский А.Л., Негахдар М.Р., Рубцов О.И. Повышение несущей способности буровых свай при радиальном обжатию стенок скважины по технологии «Песконасос» / Вестник МГСУ, №2, 2008, с. 55-62.
30. Крыжановский А.Л., Рубцов О.И., Негахдар М.Р., Рубцов И.В. Технология «Песконасос»- аргументы и факты / ПГС, №12, 2007, с. 46-47.
31. Крыжановский А.Л., Рубцов О.И. Вопросы надежности проектного решения фундаментных плит высотных зданий / Вестник МГСУ, №1, 2006, с. 191-198.
32. Крыжановский А.Л., Рубцов О.И., Бутырский С.М., Рубцов И.В. Применение технологии «Песконасос» в системах мониторинга строительных конструкций / Прикладные задачи механики, Выпуск 2, МГСУ, 2005, с. 48-50.
33. Крыжановский А.Л., Егоров Ф.А., Неугодииков А.П., Быковский В.А., Поспелов В.И. Технология «Песконасос» - высокоэффективное решение задачи геотехнического мониторинга / Технологии бетонов, № 1, 2005, с. 50-51.
34. «Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывопожароопасные и химически опасные объекты» [Текст], – М: Ассоциация Ростехэкспертиза, НПС «Риском, НПК «Изоотермик», кол. авт.: Х.М. Хануков, И.И. Симонов, В.А. Мошков, С.Н. Яровой, Ю.Н. Яровой, Л.Н.Луговой, С.П. Суцев, И.А. Адаменко, В.В. Самарин, В.А. Котляревский, К.И. Еремин, С.А. Матвеюшкин, С.Б. Шматков, А.А. Егоров, А.А. Шаталов, Г.М. Селезнев, Ш.М. Тугуз, В.С. Котельников, Н.П. Четверик, А.В. Цапенко, А.А. Антюхов, Н.Д. Богатов, 2008, - 236 с.
35. Строительный контроль. Сборник документов, кол. авт.: В.С. Котельников, Н.П.Четверик, Р.А. Андриевский [Текст], - М: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2009 - 228 с.
36. Строительный контроль. Сборник документов, кол. авт.: В.С. Котельников, М.А. Луняков, Н.П.Четверик, Р.А. Андриевский, А.А.Ананьев, Д.О. Корольков [Текст] - М: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2010 - 235 с.
37. Безопасность строительства и осуществление строительного контроля. Методическое пособие, кол. авт.: В.В. Котельников, Н.П.Четверик, Р.А. Андриевский, А.А.Ананьев [Текст], - М: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2012 352 с.
38. Предотвращение аварий зданий и сооружений: сборник научных трудов, выпуск 10 / кол. авт. [Текст]: Б.С. Баталин, В.Т. Бобров, И.И. Ведяков, В.А. Волосухин, А.А. Дубов, Л.Д. Евсеев, В.Г. Казачек, Н.И. Карпенко, А.В. Коргин, В.В. Кулябко, О.Г. Кумпьяк, А.П. Кудрявцев, М.В. Лисанов, Н.А. Махутов, В.В. Михайлов, Н.Н. Никонов, С.Ф. Пичугин, В.С. Плевков, В.М. Ройтман, В.В. Самарин, Б.А.Сентяков, С.П. Суцев, В.И. Телеченко, Н.П.Четверик, Х.Ягофаров - Москва, 2011, – 440 с.
39. Безопасность России. Безопасность строительного комплекса. Рук. авт. кол-ва Н.А.Махутов, О.И.Лобов, К.И. Еремин. Авт. коллект. [Текст]: И.А. Адаменко, Е.Л.Алексеева, А.Х. Байбурин, Ю.В. Белых, В.Б.Будько, В.М. Васкевич, И.Ю. Грунин, Н.Н.Гусев, Л.И.Гладштейн, М.А. Иофис, Ш.Ш. Исхаков, Ф.Е. Ковалев, В.А. Котляревский, В.И. Ларионов, Д.А.Липин, С.А. Матвеюшкин, А.П. Мельчаков, Г.А. Павлова, В.М. Ройтман, В.А. Рудаков, В.В. Самарин, Н.П. Самолинов, Д.В. Сенновский, В.И. Сучков, С.П. Суцев, В.И. Теличенко,

Т.Е. Троицкий-Марков, Е.В. Фейгина, Х.М.Хануков, Н.П. Четверик, А.М. Шахраманьян, С.А. Щигрев, Ф.И. Янбулатов. – М.: МГОФ «Знание», 2012. – 798 с.

40. Методическое пособие «Законодательное и нормативное правовое обеспечение строительства. Экономика строительного производства. Государственный строительный надзор. Строительный контроль» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 250 с.

41. Методическое пособие «Безопасность строительства и качество устройства промышленных печей и дымовых труб» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 242 с.

42. Методическое пособие «Безопасность строительства и качество устройства инженерных систем и сетей» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 523 с.

43. Методическое пособие «Инновации в строительстве. Особенности выполнения строительных работ в региональных условиях» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 209 с.

44. Методическое пособие «Безопасность строительства и качество устройства объектов нефтяной и газовой промышленности, устройства скважин» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 395 с.

45. Методическое пособие «Безопасность строительства и качество устройства выполнения монтажных и пусконаладочных работ по видам оборудования и программного обеспечения» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 266 с.

46. Методическое пособие «Безопасность строительства и качество устройства автомобильных дорог и аэродромов» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 204 с.

47. Методическое пособие «Безопасность строительства и качество устройства железных дорог и трамвайных путей» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 164 с.

48. Методическое пособие «Безопасность строительства. Организация строительства, реконструкции и капитального ремонта» [Готово], М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 269 с.

49. Методическое пособие «Безопасность строительства и осуществление строительного контроля» [Готово], - М.: кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика, ... 2013, - 365 с.

50. Четверик Н. П. «Мониторинг - это звучит гордо» // журнал «Высотные здания», М.:2007, №3, С.106-109.

51. Четверик Н.П. «Мониторинг технического состояния фасадов» // журнал «Высотные здания», М.: 2007, №5, С. 116-117.

52. Четверик Н.П. «Мониторингу надо учить качественно» // журнал «Глобальная безопасность», М.: 2007, № 3, С. 26-29

53. Король Е.А., Рубцов И.В., Кухта А.В., Четверик Н.П. «Принципы построения систем мониторинга высотных зданий и сооружений» // журнал «Высотные здания», М.: 2008, №5, С. 123-125.

54. Четверик Н.П. «Диагностика и мониторинг технического состояния зданий и сооружений» // Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, М.: 2008, №1 (34), С. 11–16.

55. Четверик Н.П., Рубцов И.В. «Мониторингу надо учить» // журнал «Безопасность труда в промышленности», М.: 2008, №4, С. 38 – 40.

56. Махутов Н.А., Четверик Н.П., Ханухов Х.М. «Промышленная безопасность и мониторинг технического состояния зданий и сооружений» // журнал «Безопасность труда в промышленности», М.: 2008, №10, С. 64- 67.

57. Кухта А.В., Четверик Н.П. «Парадоксы нормативно-правовой базы мониторинга технического состояния зданий и сооружений» // журнал «Мониторинг. Наука и безопасность», М., 2012, №4, С. 50-52.

58. Четверик Н.П. «Верните нам мониторинг!» // журнал «Мониторинг. Наука и безопасность», М., 2012, №2 (6), С. 14-15.
59. Четверик Н.П. «Верните нам мониторинг!» // журнал «Наука и безопасность», электронное периодическое издание, Магнитогорск, 2012, март-май, №4 (4), С.104-106.
60. Четверик Н.П. «Повышение безопасности в процессе строительства и эксплуатации - путь к комплексной безопасности всего жизненного цикла зданий и сооружений» // журнал «СтройПРОФиль», электронное периодическое издание, СПб.: 2012, № 7(98), С. 6-9.
61. Кухта А.В., Четверик Н.П. «Парадоксы нормативно-правовой базы мониторинга технического состояния зданий и сооружений» // журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», М.: 2012, № 7, С. 48-49.
62. Четверик Н.П. «Верните нам мониторинг!» // журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», М.: 2012, №8, С. 10.
63. Четверик Н.П. «Независимые испытательные строительные лаборатории подтверждают свое соответствие» // журнал «СтройПРОФиль», электронное периодическое издание, СПб.: 2012, №8 (99).
64. Четверик Н.П. «Строительный контроль как аналог государственному строительному надзору» // журнал «Петербургский строительный рынок», СПб.: 2012, №140.
65. Четверик Н.П. «Строительный контроль и проведение в его рамках мониторинга технического состояния зданий и сооружений, как основа системы комплексной безопасности в строительстве» // журнал «Наука и безопасность», электронное периодическое издание, Магнитогорск, 2012, июль-август, №5, С. 102-108.
66. Четверик Н.П. «Строительный контроль как аналог государственному строительному надзору» // журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений», электронное периодическое издание, Магнитогорск, 2012-08-21.
67. Четверик Н.П. «Какой строительный контроль нам нужен или беззубость не нужна строительному сообществу» // журнал «Мониторинг. Наука и безопасность», М., 2012, №3 (7), С. 90 - 94.
68. Четверик Н.П. «Строительный контроль и проведение в его рамках мониторинга технического состояния зданий и сооружений, как основа системы комплексной безопасности в строительстве» // журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», М.: 2013, №1, С 26-28.
69. Кухта А.В., Четверик Н.П. «Парадоксы нормативно-правовой базы мониторинга технического состояния зданий и сооружений» // журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», М.: 2013, №3, С 48-49.

Электронные ресурсы

1. Портал журнала «Проблема анализа рисков (ПАР)» (http://www.dex.ru/PAR_information_resource/PAR_journal/).
2. Портал «Наука и безопасность» (<http://www.pamag.ru/>).
3. «Наука и безопасность», электронное периодическое издание, Магнитогорск (<http://www.art-atis.com/>).
4. Портал «Наука РФ» (<http://www.nauka-rf.com/>).
5. Журнал «Мониторинг. Наука и безопасность» (<http://www.e.np-monitoring.ru/>).
6. Портал НОСТРОЙ (<http://www.nostroy.ru/>).
7. Портал издательства «СТРОЙИЗДАТ» (<http://panor.ru/publishers/detail.php?ID=1941>).

Eelectronic Resources

1. Portal of the magazine "The problem of risk analysis (RPA)" (http://www.dex.ru/PAR_information_resource/PAR_journal/).
2. Portal "Science and Security" (<http://www.pamag.ru/>).

3. "Science and Security", an electronic periodical, Magnitogorsk (<http://www.art-atis.com/>).
4. Portal "Science of the Russian Federation» ([http:// www.nauka-rf.com/](http://www.nauka-rf.com/)).
5. Magazine "Monitor. Science and Security »(<http://www.e.np-monitoring.ru/>).
6. NOSTROY portal ([http://www.nostroy.ru /](http://www.nostroy.ru/)).
7. Portal publishing "Stroyizdat» (<http://panor.ru/publishers/detail.php?ID=1941>).