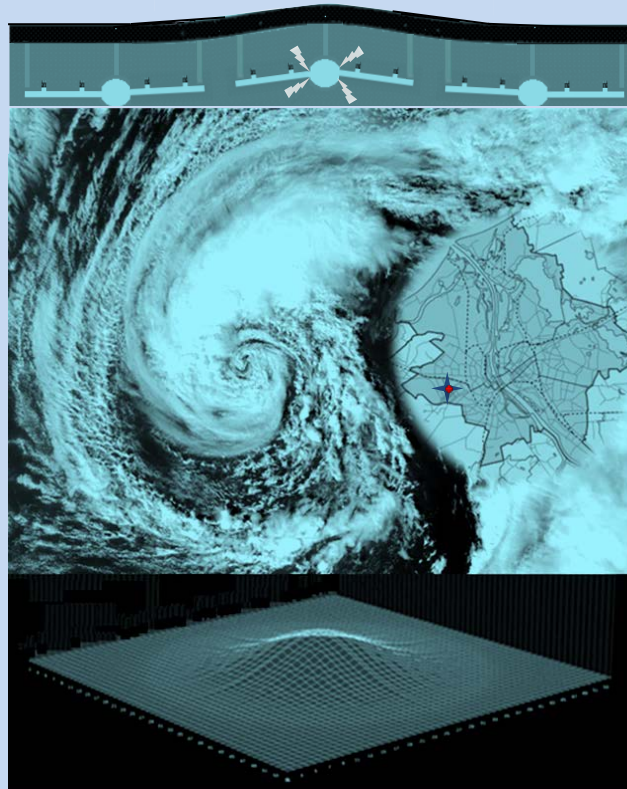


РИГА, «МАКСИМА»: МОГЛА ЛИ СИГНАЛИЗАЦИЯ ПРЕДУПРЕДИТЬ ОБ ОБРУШЕНИИ?

Наталья Анатольевна Солодовник • Анатолий Борисович Солодовник
(Solodovņika Natalja • Solodovņiks Anatolijs)



2014 <http://www.nyos.lv>

Показано, что одно и то же физическое воздействие вызвало срабатывание сигнализации и обрушение крыши в магазине «Maxima».

Срабатывание сигнализации предупредило о предстоящем обрушении крыши.

Ключевые слова: Рига, Максима, Золитуде, крыша, обрушение, катастрофа, волна землетрясения, циклон, инфразвук, резонанс.

Jr parādīts, ka viena un tā pati fiziska parādība izsauca signalizācijas iedarbību (ieslēgšanu) un jumta iegruvumu veikalā «Maxima». Signalizācijas iedarbība it kā “nepamatota” (ieslēgšana) brīdināja par veikala jumta nogruvuma draudiem.

Atslēgas vārdi : Rīga, Maxima, Zolitūde , jumts, nogruvums , katastrofa , zemestrīces vilnis , ciklons, infraskaņa , rezonanse.

It is shown that the same physical impact caused an alarm and roof collapse at the store «Maxima».

Alarms warned of the impending collapse of the roof.

Keywords: Riga, Maxima, Zolitude, roof collapse, disaster, earthquake wave, cyclone, infrasound, resonance.

СОДЕРЖАНИЕ:

СОБЫТИЕ

МОНТАЖ И ОБСЛУЖИВАНИЕ

ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

РЕЗОНАСНЫЕ КОЛЕБАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ «Maxima»

СПРИНКЛЕРНЫЕ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

ВЫВОДЫ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ЛИТЕРАТУРА

СОБЫТИЕ

21 ноября 2013 года в 16:21 по местному времени (**14:21 GMT**) сработала автоматическая установка пожарной сигнализации в супермаркете «**Maxima**» (Рига, микрорайон **Zolitūde**, улица **Priedaines 20**; координаты: **N 56.94389**, **E 24.01750**) [1].

На панели сигнализации отобразился участок установки в подвале, связанный с водой (воздухом) и не связанный с детекторами, реагирующими на повышение температуры, на появление дыма, огня, пыли, пара [11], [8].

Работник охраны магазина, осмотревший подвальное помещение, не обнаружил утечки или иные, связанные с водой (воздухом), причины срабатывания сигнализации.

Сигнализация **21 ноября 2013 года** в супермаркете «**Maxima**» с **16:21** до **17:41** (по местному времени) срабатывала **10** раз [5].

Был вызван и приступил к осмотру подвального помещения специалист фирмы **SIA “Vesmann”**, которая на договорной основе обслуживала систему пожарной безопасности супермаркета [3],[4].

21 ноября 2013 года в 17:41 по местному времени [1] (**15:41 GMT**) обрушилась часть крыши супермаркета «**Maxima**».

Обрушение крыши прервало осмотр подвального помещения.

Причина **10** срабатываний перед обрушением, в течение **1 часа 20 минут**, автоматической установки пожарной сигнализации не установлена.

МОНТАЖ И ОБСЛУЖИВАНИЕ

Договор между **SIA “Vesmann”** и «**Maxima**» предусматривал, что фирма **SIA “Vesmann”** должна была раз в месяц проводить проверки, а в случае необходимости выезжать для помощи работникам «**Maxima**» [2].

Фирма **SIA “Vesmann”** не располагает информацией о том, сколько раз срабатывала сигнализация, а обладает лишь данными о случаях, когда персоналу магазина требовалась техническая помощь.

В ноябре 2013 года работникам фирмы **SIA “Vesmann”** пришлось три раза выезжать в супермаркет «**Maxima**» из-за технических проблем в системе сигнализации.

Фирма SIA “Vesmann” не монтировала в здании «Maxima» автоматические установки пожарной сигнализации и пожаротушения.

Автоматические установки пожарной сигнализации и пожаротушения в здании «Maxima» монтировали три другие фирмы. Две из этих фирм, «Prime Fire System» и «Voleks centrs», ранее были объявлены неплатёжеспособными [6].

ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

Для предотвращения катастроф, подобных трагедии **21 ноября 2013 года** в супермаркете «Maxima», наряду с определением причины катастрофы [7], необходим ответ о роли причины катастрофы в срабатывании сигнализации, включая, в том числе вопросы:

1. Могла ли сигнализация сработать из-за начавшегося обвала крыши в одной из частей здания [8]?
2. Могла ли сигнализация предупредить об обрушении?

На первый вопрос ответил **Māris Vesmanis**-член правления фирмы SIA “Vesmann” [6], [8]:

«Это исключено, поскольку на сигнальной панели сработала зона, связанная с водой и не связанная с детекторами, и получается, что причина в чем-то другом... Трубы проходят через некоторые конструкции или крепятся к конструкциям, и если они сдвигаются или каким-то образом начинают отклоняться от изначального места, возможно, по причине перелома или потери герметичности, это могло вызвать срабатывание сигнала именно в системе водоснабжения» [8].

Обвал одной из частей здания, помимо потери герметичности труб, неизбежно породил бы облако пыли, пара и сопровождался бы перемещением детекторов или их частей. При этом на панели сигнализации, кроме участка установки в подвале, связанного с водой (воздухом), отобразился бы участок установки расположенный в обваливающейся части здания. Полнота ответа на второй вопрос ограничена объёмом опубликованной технической информации о свойствах автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации, использовавшихся в здании «Maxima», и о свойствах конструкций здания «Maxima».

Практическая недоступность для стороннего наблюдателя технической информации о составе, конфигурации, материалах и других свойствах автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации в здании «Maxima» затрудняет

однозначное определение физического воздействия на здание, которое **21 ноября 2013** могло вызвать срабатывание сигнализации и обрушение крыши.

Качественное описание механизма физического воздействия, способного вызвать **21 ноября 2013 года** срабатывание сигнализации и обрушение крыши, может быть осуществлено на основе документации, опубликованной Рижской думой [10], и механизма резонансных колебаний конструкций здания «**Maxima**» [9].

Согласно опубликованным данным о катастрофе [6], упомянутое физическое воздействие на здание могло обладать способностью:

1. нарушать герметичность труб или трубной сети;
2. разрушать конструкции здания.

При нарушении герметичности труб или трубной сети срабатывает сигнализация.

Разрушение конструкций может обрушить крышу.

Срабатывание сигнализации должно, до выяснения причины, рассматриваться, в том числе, как одно из проявлений упомянутого физического воздействия на здание. С другой стороны, упомянутое физическое воздействие на здание способно обрушить крышу. В случае срабатывания сигнализации из-за упомянутого физического воздействия на здание, вслед за срабатыванием сигнализации упомянутое физическое воздействие способно инициировать обрушение крыши.

Поэтому, в некоторых случаях, срабатывание сигнализации может быть предвестником обрушения.

В подобных случаях, одно и то же физическое воздействие стремится нарушить герметичность труб (трубной сети) и разрушить конструкции здания. В результате, либо нарушится герметичность труб и сработает сигнализация, предупреждая об обрушении крыши, либо крыша обрушится раньше, чем сработает сигнализация, либо срабатывание сигнализации и обрушение крыши произойдут одновременно.

РЕЗОНАНСНЫЕ КОЛЕБАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ «Maxima»

Здание «**Maxima**» до обрушения состояло (Рис.1) из надземной и подземной частей.

Основной объём надземной части занимал торговый зал.

Основной объём подземной (подвал) части занимала автостоянка.

Верхняя (потолок) и нижняя (пол) железобетонные плиты (**Рис.2**) подземной части здания были жёстко соединены вертикальными столбиками и стенами в упругую конструкцию. Нижняя (пол) железобетонная плита соединена железобетонными колоннами с металлическими фермами, на которые опираются железобетонные плиты покрытия крыши. В работе [9] показано, что первая собственная частота упомянутой упругой конструкции совпадает с частотой инфразвука, распространяющегося от удалённого природного источника.

Под воздействием инфразвука возникают низкочастотные резонансные колебания упругой конструкции относительно положения её устойчивого равновесия (**Рис.2, 3, 4**). Колеблющаяся упругая конструкция через железобетонные колонны (**Рис.1**) воздействует на металлические фермы. Каждая металлическая ферма состоит из двух, соединённых болтами, частей. Каждая металлическая ферма соединена болтами с вершинами двух колонн, на которые она опирается. Продолжительное низкочастотное воздействие разрушает болтовые соединения частей ферм и колонн с фермами. Разрушение болтовых соединений сопровождается разделением системы металлических ферм на отдельные не связанные фрагменты, которые не могут служить опорой для железобетонного покрытия крыши. Процесс завершается обрушением крыши.

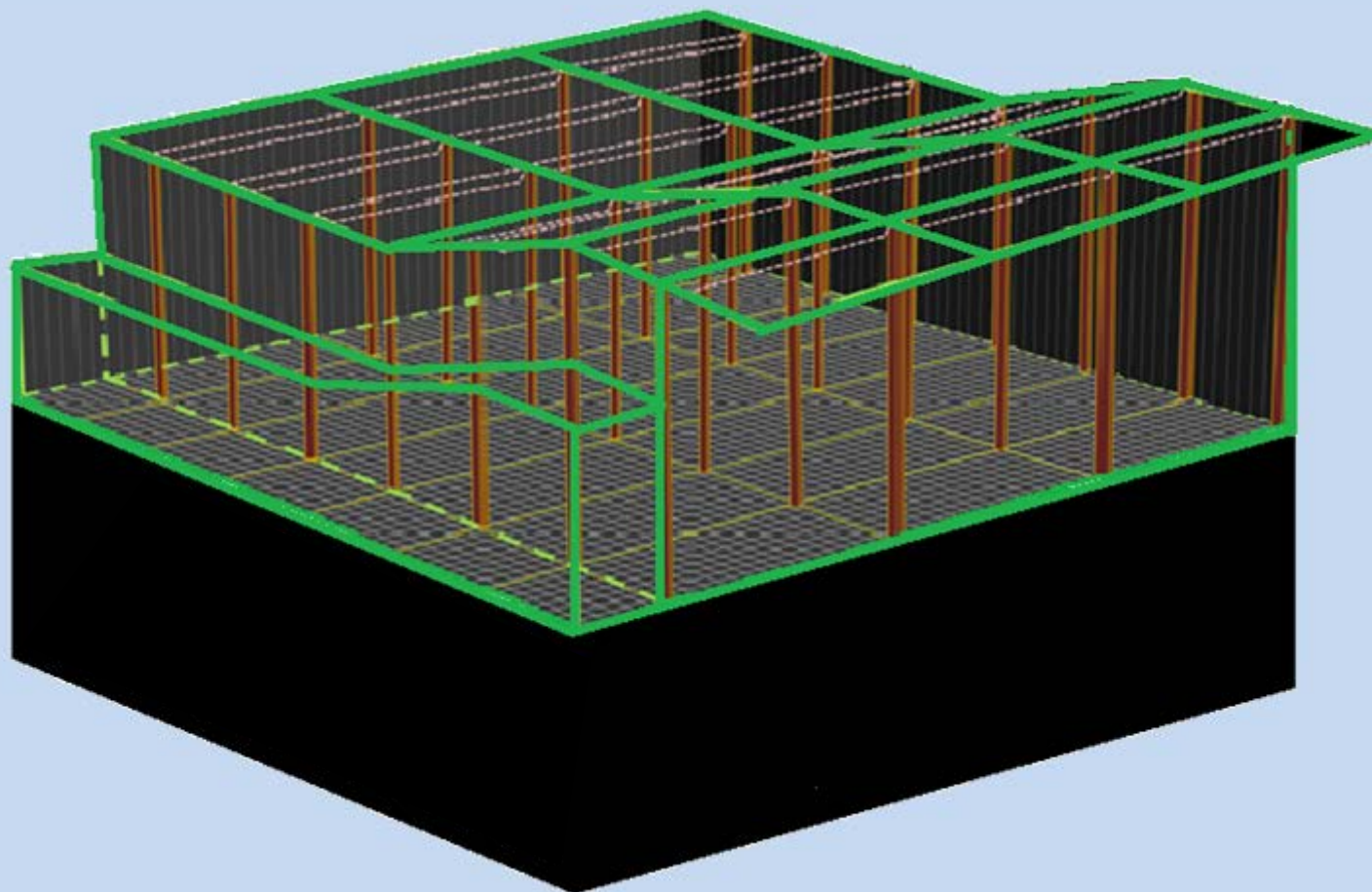


Рис. 1. Надземная (выделена зелёным контуром) и подземная (подвал) части здания «Махита». На колонны (выделены тёмно-коричневым цветом) опираются трапециевидные металлические фермы, каждая из которых состоит из двух, соединённых болтами частей.

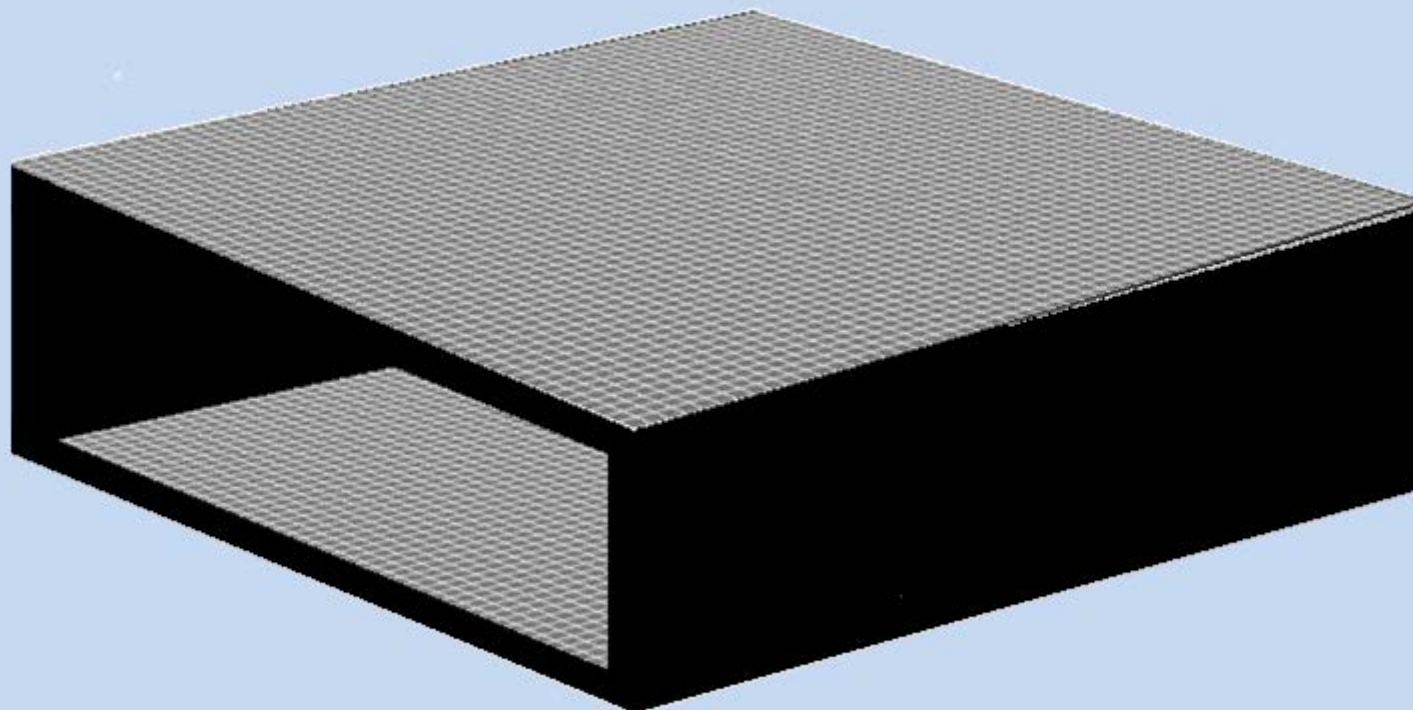


Рис. 2. Верхняя (потолок) и нижняя (пол) железобетонные плиты подвала в здании «Максима». Упругая конструкция из плит в положении устойчивого равновесия.

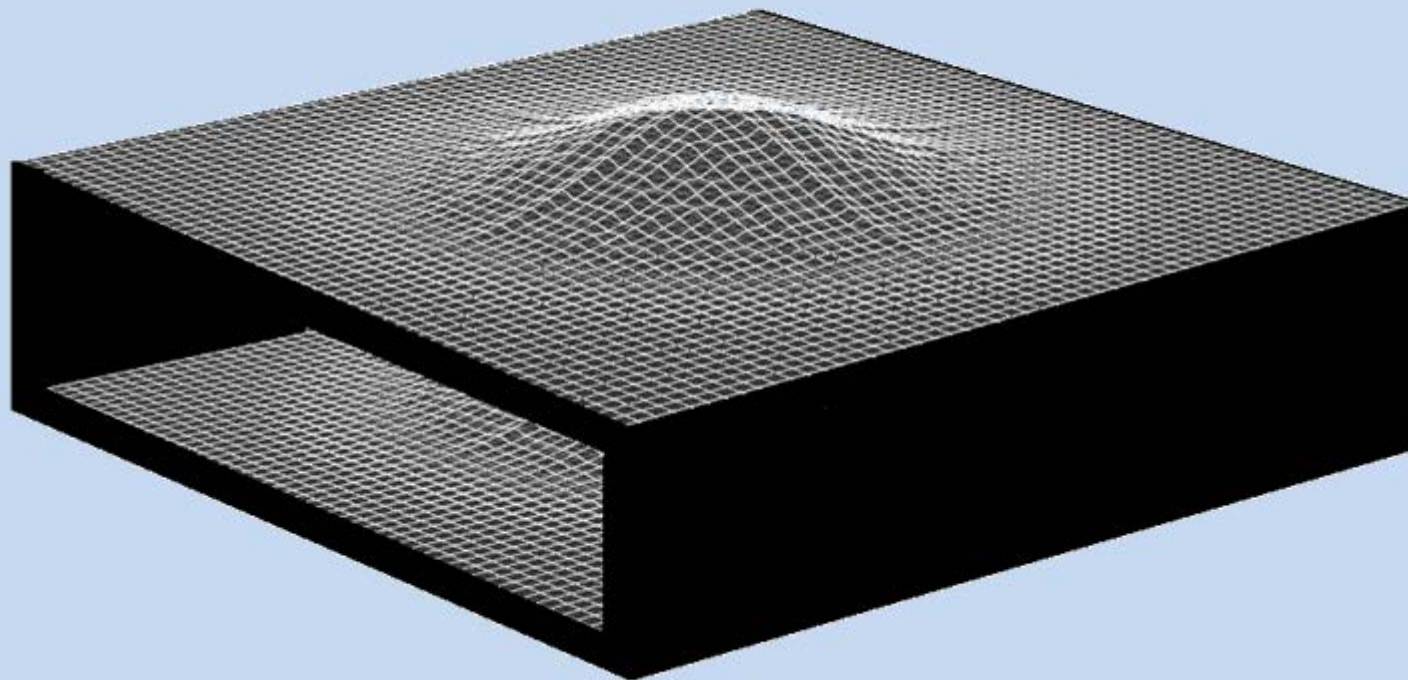


Рис. 3. Отклонение железобетонных плит пола и потолка подвала вверх от положения устойчивого равновесия при резонансных колебаниях упругой конструкции из плит.

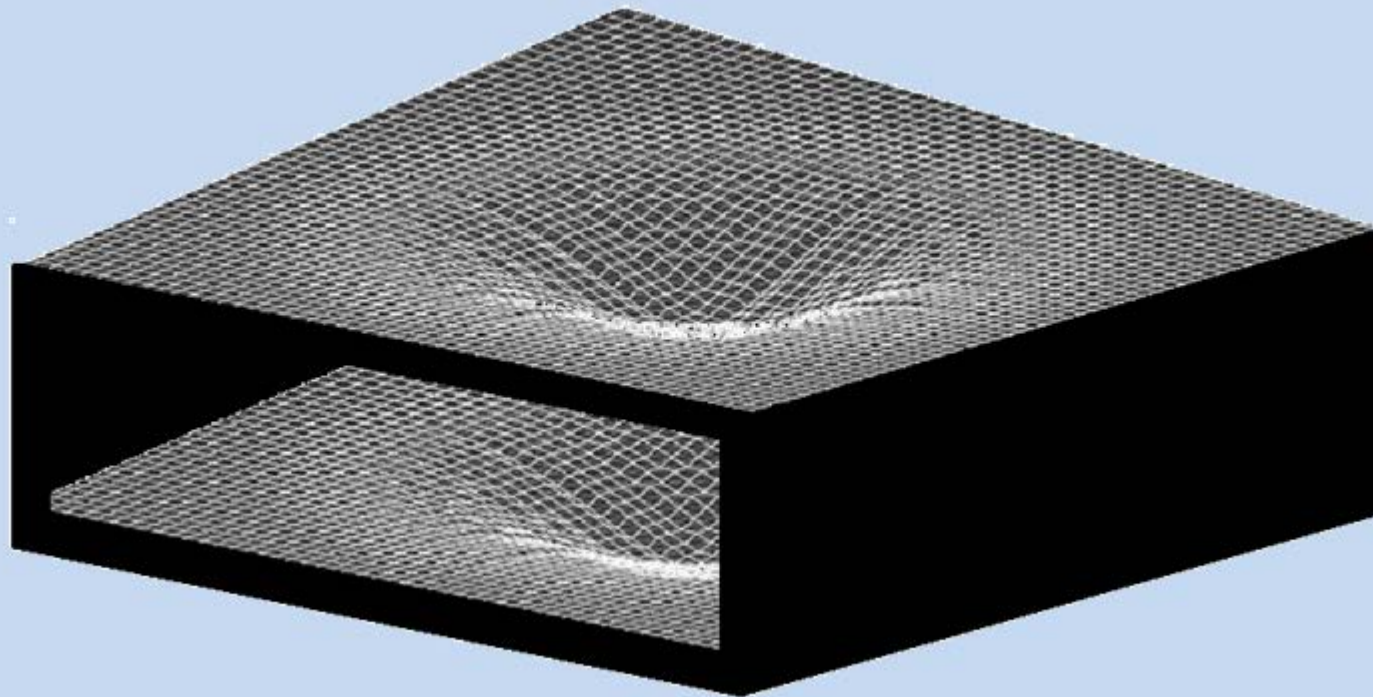


Рис. 4. Отклонение железобетонных плит пола и потолка подвала вниз от положения устойчивого равновесия при резонансных колебаниях упругой конструкции из плит.

СПРИНКЛЕРНЫЕ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Согласно документации (21.STACIONĀRĀS ŪDENS UGUNSDZĒSĪBAS AUTOMĀTISKĀS SPRINKLERU SISTĒMAS TEHNOĻOGISKĀ UN AUTOMĀTISKĀ DAĻAS (AUT, AUE) [10] в подвале и в торговом зале здания была предусмотрена защита с использованием автоматической **спринклерной** установки пожаротушения.

В подвале (**Рис.2;5**) здания (на подземной автостоянке) предусматривалась защита с использованием автоматической **воздушной спринклерной** установки пожаротушения, а в других частях здания, включая торговый зал, предусматривалась защита с использованием автоматической **водозаполненной спринклерной** установки пожаротушения.

Обычно, автоматическая **воздушная спринклерная** установка пожаротушения снабжена **сигнализатором давления**, который способен реагировать на несанкционированные утечки воздуха в спринклерной сети трубопроводов.

При падении давления воздуха в трубопроводной сети, в том числе из-за нарушения её целостности, сигнализатор давления инициирует срабатывание сигнала тревоги в автоматической установке пожарной сигнализации, включает и выключает компрессор.

В подвале (**Рис.2**) автоматическая **воздушная спринклерная** установка пожаротушения выполнена из, жёстко подвешенных под потолком, **распределительных и питающих трубопроводов (Рис.5)**.

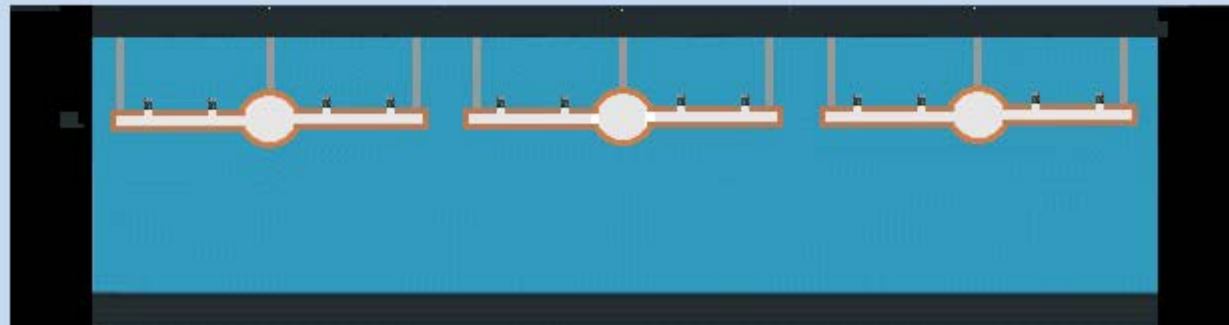






Рис. 5. Распределительные  и питающие  трубопроводы, жёстко подвешенные под потолком подвала. -спринклер. -подвеска. Упругая конструкция из нижней и верхней плит подвала в положении устойчивого равновесия в отсутствии резонансных колебаний.

При воздействии инфразвука на упругую конструкцию, содержащую верхнюю (потолок) и нижнюю (пол) железобетонные плиты подвала, возникают низкочастотные резонансные колебания (**Рис.2, 3, 4**) упругой конструкции относительно положения её устойчивого равновесия [9].

Низкочастотные колебания верхней (потолок) железобетонной плиты периодически перемещают вверх и вниз распределительные и питающие трубопроводы воздушной спринклерной системы относительно позиции устойчивого равновесия (**Рис.6,7,8.**) потолка. При этом величина смещения участков трубопроводов относительно позиции устойчивого равновесия потолка увеличивается по направлению к точке центра симметрии потолка.

Поэтому, при колебательном отклонении потолка вверх и вниз, вертикальный угол стыка между распределительным и питающим трубопроводами периодически увеличивается и уменьшается (**Рис.6,7,8.**), с положительной величины на отрицательную величину и обратно.

На материал стыка труб, при периодическом увеличении и уменьшении величины вертикального угла между трубами стыка, действуют механические нагрузки, которые периодически растягивают и сжимают материал стыка.

В материале стыка труб воздействие периодических растягивающих и сжимающих напряжений создаёт сеть воздухопроницаемых микротрещин.

При появлении в материале стыка труб воздухопроницаемых микротрещин возникает утечка воздуха из распределительных и питающих трубопроводов воздушной спринклерной системы (**Рис. 9,10,11,12.**).

При увеличении продолжительности колебаний железобетонной плиты возрастает продолжительность действия периодических растягивающих и сжимающих напряжений в материале стыка и увеличивается объём воздухопроницаемых микротрещин. Увеличение объёма воздухопроницаемых микротрещин увеличивает воздухопроницаемость материала стыка труб (**Рис. 13,14,15,16.**). В результате увеличивается утечка воздуха из распределительных и питающих трубопроводов воздушной спринклерной системы.

В зависимости от скорости утечки воздуха и от алгоритма включения/выключения компрессора, при периодическом падении давления воздуха в распределительных и питающих трубопроводах воздушной спринклерной системы периодически может

срабатывать автоматическая установка пожарной сигнализации. При возрастании утечки воздуха последовательные промежутки времени между включениями сигнализации будут уменьшаться.

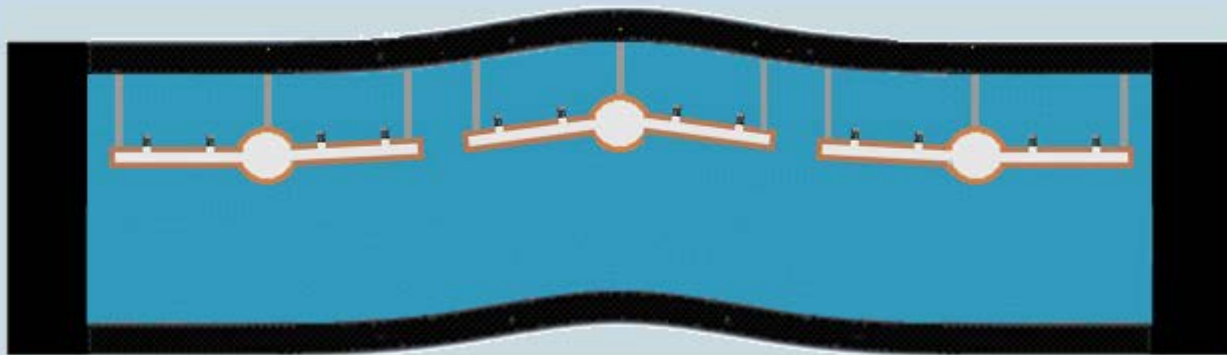




Рис. 6. Начальный период резонансных колебаний. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при отклонении упругой конструкции из плит подвала вверх от положения устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска.

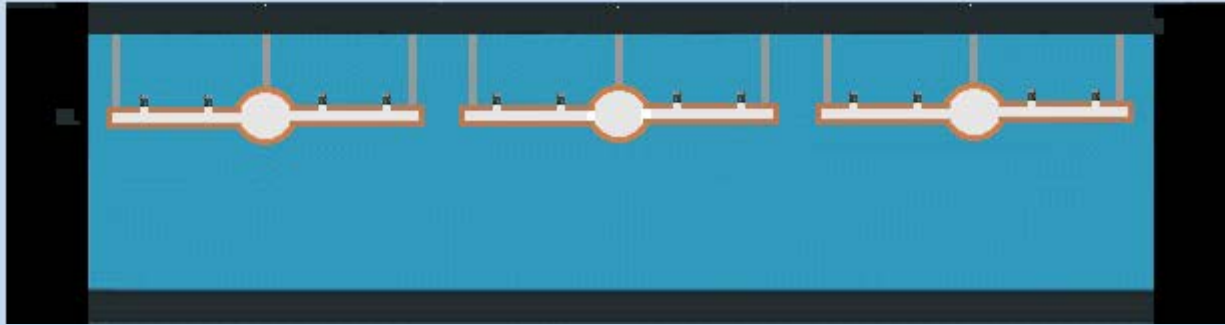




Рис. 7. Начальный период резонансных колебаний. Положение жёстко подвешенных под потолком подвала распределительных  и питающих  трубопроводов при прохождении колеблющейся упругой конструкцией из плит подвала позиции устойчивого равновесия.

-спринклер. -подвеска.

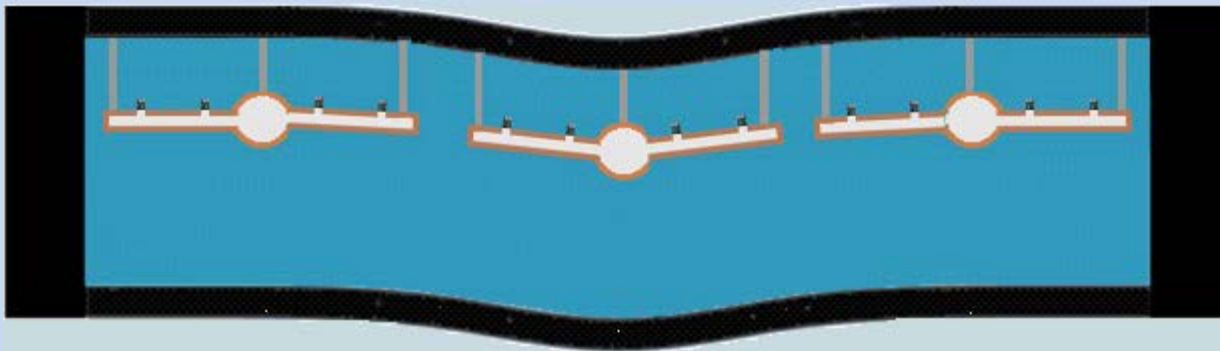






Рис. 8. Начальный период резонансных колебаний. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при отклонении упругой конструкции из плит подвала вниз от положения устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска.

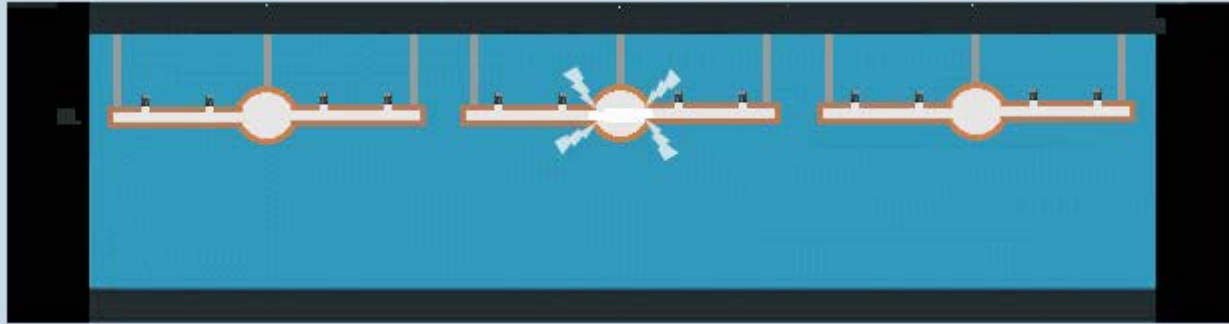







Рис. 9. Начало нарушения герметичности стыков трубопроводов при резонансных колебаниях. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при прохождении упругой конструкцией из плит подвала позиции устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска. -утечка воздуха.

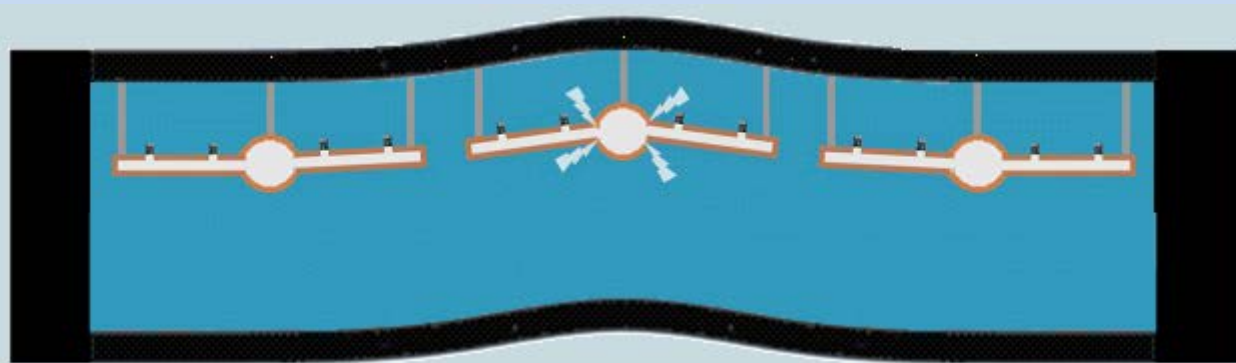







Рис. 10. Продолжение начального разрушения герметичности стыков трубопроводов при резонансных колебаниях. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при отклонении упругой конструкции из плит подвала вверх от положения устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска. -утечка воздуха.

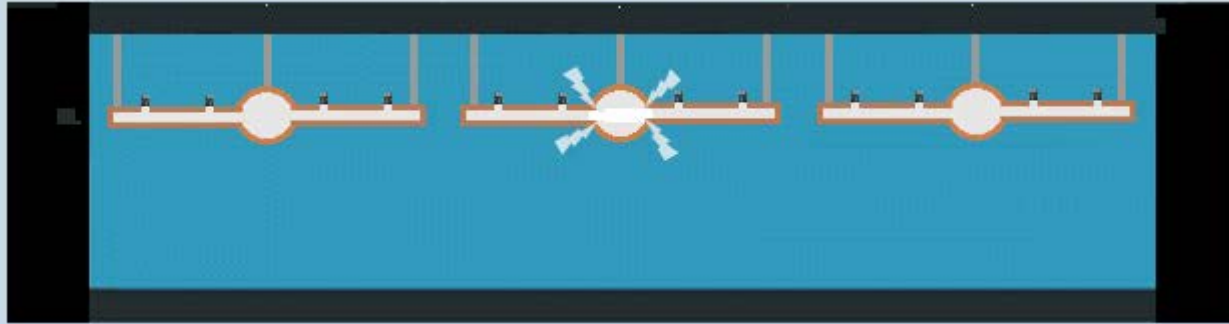







Рис. 11. Продолжение начального разрушения герметичности стыков трубопроводов при резонансных колебаниях. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при прохождении упругой конструкцией из плит подвала позиции устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска. -утечка воздуха.

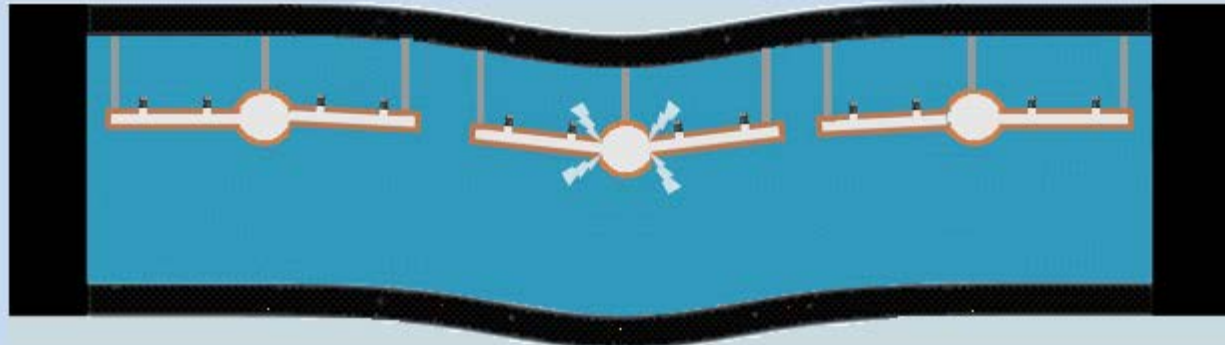







Рис. 12. Продолжение начального разрушения герметичности стыков трубопроводов при резонансных колебаниях. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при отклонении упругой конструкции из плит подвала вниз от положения устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска. -утечка воздуха.

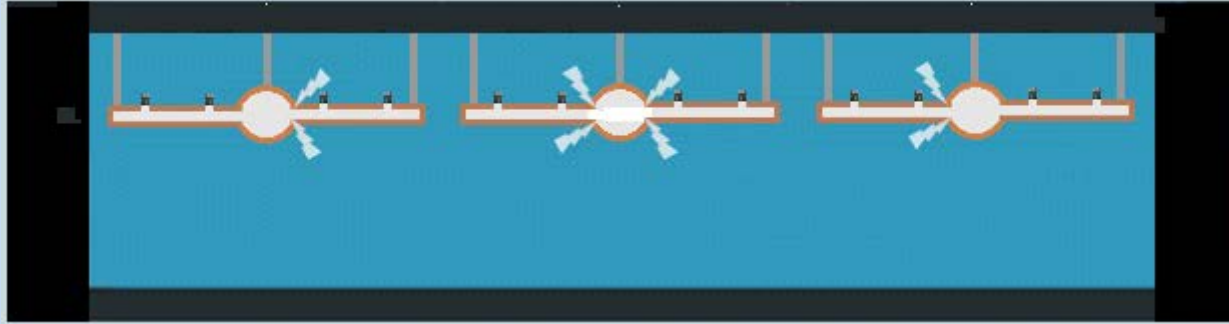







Рис. 13. Разрушение герметичности стыков трубопроводов при резонансных колебаниях. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при прохождении упругой конструкцией из плит подвала позиции устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска. -утечка воздуха.

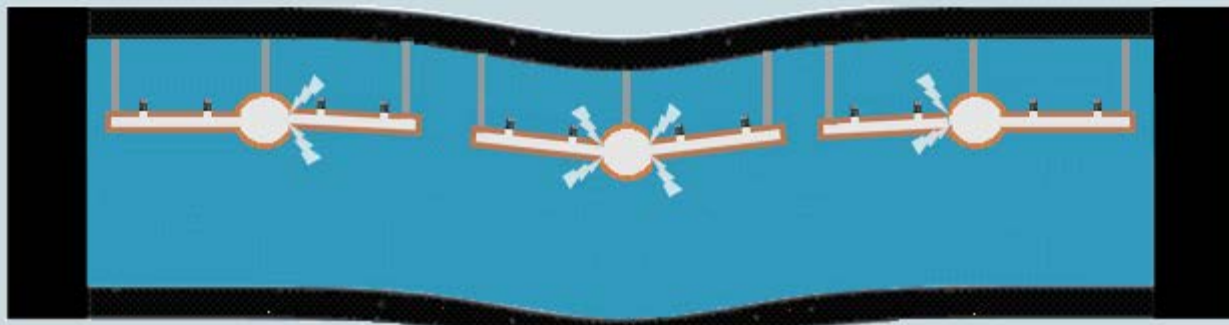







Рис. 14. Разрушение герметичности стыков трубопроводов при резонансных колебаниях. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при отклонении упругой конструкции из плит подвала вниз от положения устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска. -утечка воздуха.

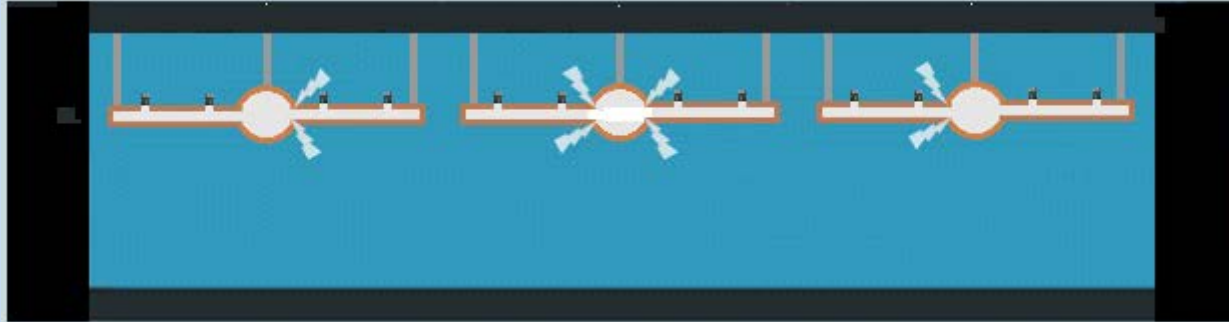







Рис. 15. Разрушение герметичности стыков трубопроводов при резонансных колебаниях. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при прохождении упругой конструкцией из плит подвала позиции устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска. -утечка воздуха.

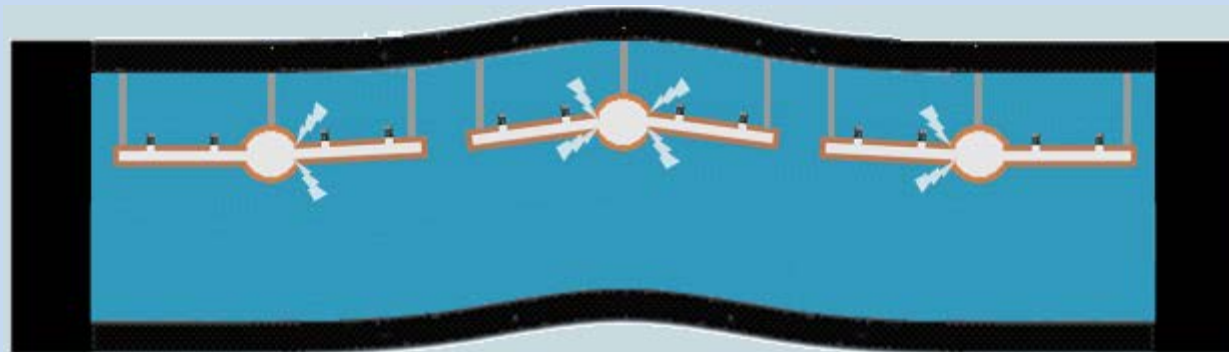







Рис. 16. Разрушение герметичности стыков трубопроводов при резонансных колебаниях. Положение жёстко подвешенных распределительных  и питающих  трубопроводов при отклонении упругой конструкции из плит подвала вверх от положения устойчивого равновесия. -спринклер. -подвеска. -утечка воздуха.

ВЫВОДЫ

1. Причина срабатывания **21 ноября 2013 года** в здании «**Maxima**» автоматической установки пожарной сигнализации и последующего обрушения крыши результат воздействия на здание инфразвука, распространявшегося от удалённого природного источника.
При совпадении собственной частоты колебаний части здания с частотой инфразвука возникли низкочастотные резонансные колебания части здания.
2. Срабатывание автоматической установки пожарной сигнализации – реакция на падение давления воздуха в распределительных и питающих трубопроводах воздушной спринклерной системы пожаротушения в подвальном помещении.
Падение давления воздуха в распределительных и питающих трубопроводах воздушной спринклерной системы пожаротушения в подвальном помещении вызвано утечкой воздуха через увеличивающуюся сеть воздухопроницаемых микротрещин в стыках трубопроводов.
Объём сети воздухопроницаемых микротрещин в стыках распределительных и питающих труб увеличивался при их периодических смещениях относительно одна другой.
Смещения труб были вызваны резонансными колебаниями железобетонной плиты потолка подвального помещения, к которой трубы были подвешены.
3. Срабатывание автоматической установки пожарной сигнализации **21 ноября 2013 года** в здании «**Maxima**» предупреждало об обрушении здания «**Maxima**».
Однако, сигналы автоматической установки пожарной сигнализации не были распознаны.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Установка пожаротушения: совокупность стационарных технических средств для тушения пожара за счет выпуска огнетушащего вещества.

Автоматическая установка пожаротушения: установка пожаротушения, автоматически срабатывающая при превышении фактором пожара пороговых значений в защищаемой зоне. Отличительной особенностью автоматических установок является выполнение ими и функций автоматической пожарной сигнализации.

Автоматическая установка пожарной сигнализации: совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения фактора пожара, или иных несакционированных событий, выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и включение исполнительных установок систем противодымной защиты, технологического и инженерного оборудования, а также других устройств противопожарной защиты.

Автоматическая спринклерная установка пожаротушения: Автоматическая установка пожаротушения, оборудованная спринклерами (распылителями).

Спринклер: оросительная головка, которая монтируется в спринклерную установку, в которой постоянно находится вода или воздух под определённым давлением. Отверстия спринклера запаиваются легкоплавким составом, который рассчитан на температуру 72, 93, 141 или 182°C. При пожаре, когда температура окружающей среды достигает установленной температуры, отверстия спринклера сами расплавляются (распаиваются) и происходит самопроизвольное орошение охранной зоны водой.

Спринклерная воздушная установка пожаротушения: Установка, у которой в дежурном режиме подводящий трубопровод заполнен водой, а питающий и распределительный трубопроводы заполнены воздухом под давлением.

Спринклерная водозаполненная установка пожаротушения: Спринклерная установка пожаротушения, все трубопроводы которой заполнены водой (водным раствором).

Распределительный трубопровод: Трубопровод, на котором смонтированы спринклеры (распылители).

Питающий трубопровод: трубопровод, соединяющий узел управления с распределительными трубопроводами.

Сигнализатор давления: электромеханическое реле, реагирующее на изменение давления в жидкостях или газах замыканием/размыканием контактной группы. В случае снижения давления ниже установленного уровня на пульт центрального наблюдения и на компрессор подается электрический сигнал.

Стык труб: соединение труб под углом.

Подвеска: специальная опора, которая способна воспринимать нагрузки от смещения элементов трубопроводов. Жёсткой подвеской закрепляют горизонтальные или вертикальные элементы трубопроводов, имеющих нулевое смещение относительно точки закрепления.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.diena.lv/latvija/zinas/papildinats-12-46-maxima-signalizacija-zolitudes-veikala-ieslegusies-aptuveni-10-reizes-ekas-tehnisk-14033895>
2. <http://rus.delfi.lv/news/daily/latvia/maxima-evakuacija-ne-provodilas-tak-kak-ne-bylo-priznakov-pozhara.d?id=43838776>
3. <http://news.mail.ru/inworld/latvia/incident/15795270/?frommail=1>
4. <http://ru.focus.lv/latviya/obshchestvo/tehniki-vesmann-v-noyabre-trizhdy-vyezshali-v-zolitudskuyu-maxima>
5. <http://rus.delfi.lv/news/daily/latvia/do-tragedii-signalizaciya-v-maxima-srabatyvala-raz-v-mesyac.d?id=43841510#ixzz31tAAd2BJ>
6. <http://www.reitingi.lv/printNews.php?id=86050>
7. <http://nyos.lv/f/uploads/Zolitude-2.pdf>
8. <http://www.reitingi.lv/ru/news/riga/44250.html>
9. <http://nyos.lv/ru/neobychnoe-52201/page-661941>
10. http://www.rpbv.lv/uploads/news/Projekts/1_sejums_102768.pdf
11. <http://nra.lv/latvija/106532-neizsledz-iespeju-ka-signalizacija-lielveikala-maxima-reagejusi-uz-buvkonstrukcijas-svarstibam.htm>

Уведомление:

Авторское право на статью принадлежит авторам:

Наталья Анатольевна Солодовник · Анатолий Борисович Солодовник

(Natalija Solodovnika · Anatolijs Solodovniks)

Перепечатка, копирование, перевод и иное воспроизведение, использование статьи или её части в коммерческих целях (или наносящие ущерб авторам) без согласия авторов в письменной форме запрещено.

