

актуален в случае циклического режима работы ЭУ, особенно при числе циклов $F_{ц} \rightarrow 1$ цикл/ч и более.

В 2016 году в БГУИР разработана система автоматизированного расчета показателей надежности ЭУ, предназначенная для расчета надежности с учетом календарного периода эксплуатации, т.е. с учетом периодов наработки и периодов хранения (ожидания перед использованием по назначению). Кроме того, система позволяет учесть циклический характер работы ЭУ, т.е. учесть прогнозное число циклов «включено-выключено» в течение заданной суммарной наработки. Указанная система разработана на базе ранее созданной белорусской системы АРИОН [1]. Поэтому новой системе дано название «АРИОН-плюс».

На разработанную систему получено свидетельство Центра интеллектуальной собственности Республики Беларусь о регистрации компьютерной программы, № 910 от 08.08.2016. Назначение программы – автоматизированная оценка надежности электронных устройств с учетом наработки, хранения и циклического режима работы. По вопросу использования системы «АРИОН-плюс» (компьютерной программы) обращаться по e-mail: bsm@bsuir.by или же в ауд. 37 первого учебного корпуса БГУИР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработать систему автоматизированного расчета показателей надежности электронных устройств : отчет о НИР (заключительный) / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; рук. С. М. Боровиков ; исполн. : С. М. Боровиков [и др.]. – Минск, 2009. – 146 с. – Библиогр. : С. 143. – № ГР 200.90.344.
2. Строгонов, А. В. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем / А. В. Строгонов, В. В. Жаднов, С. Н. Полесский // Компоненты и технологии. – № 5(70), 2007. – С. 183–190.
3. Система автоматизированного расчета показателей надежности электронных устройств / С. М. Боровиков [и др.] // Приборостроение–2011: Материалы 4-й Международной НТК. 16–18 ноября 2011 г., Минск, Республика Беларусь. – Минск : БНТУ, 2011. – С. 35–36.
4. Оценка надежности медицинской аппаратуры в системе АРИОН / С. М. Боровиков [и др.] // «Медэлектроника –2010. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии»: сборник научных статей VI Международной научно-технической конференции, 8–9 декабря 2010 г, Минск. – Минск : БГУИР, 2010. – С. 32–34.
5. Боровиков, С. М. Промышленная система АРИОН в обеспечении инженерной подготовки педагогов-радиоинженеров / С. М. Боровиков, О. С. Лосик, Е. Н. Шнейдеров // Инженерно-педагогическое образование: проблемы и пути развития: материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 19–20 мая 2011; под ред. С. Н. Анкуды. В 2-х частях. Ч. 2. – Минск : МГВРК, 2011. – С. 7–9.
6. Применение системы АРИОН в IT-образовательных средах / С. М. Боровиков [и др.] // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : матер. VII Международ. научно-метод. конф. (Минск, 1–2 декабря 2011 года). – Минск : БГУИР, 2011. – С. 483–485.
7. Шишмарев, В. Ю. Надежность технических систем : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. Ю. Шишмарев. – М. : Изд. Центр «Академия», 2010. – 304 с.

В.К.ЖЕЛЕЗНЯК¹, А.И.ЯРИЦА¹

АНАЛИЗ СЛУЧАЙНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, СНИЖАЮЩИХ ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТ ТОЧКИ ПРИЕМА СИГНАЛОВ GPS

¹Учреждение образования «Полоцкий государственный университет» г. Новополоцк, Республика Беларусь

При строительстве критически важных объектов правильность принятия решения обусловлена точностью измерительной информации. Высокоточное определение пространственного положения точек на поверхности Земли необходимо при решении целого ряда прикладных задач. К ним относятся: выставка лазерных систем наблюдения за космическими объектами, оценка положения антенн фазированных антенных решеток, оценка смещения антенн радиотехнических дальномерных систем, установка вышек мобильной и

радио связи, строительство и обслуживание крупных инженерных сооружений и т.д.. Результаты точностных измерений необходимы при строительстве и эксплуатации критически важных объектов. К таким объектам относятся гидроэлектростанции, атомные электростанции, взрывоопасные объекты, магистральные трубопроводы, объекты железнодорожного и воздушного транспорта и др. В последнее время такие задачи решаются с помощью геодезических измерений основанных на применении спутниковой системы позиционирования GPS. Использование GPS-измерений в Республике Беларусь реализовано с помощью спутниковой системы точного позиционирования (ССТП). Основой инфраструктуры ССТП являются постоянно действующие пункты (ПДП) [1]. Пункты представляют железобетонную подставку с установленной на нее геодезической антенной. ССТП РБ объединяет более 90 действующих ПДП равномерно расположенных по всей территории страны. Пункты часто устанавливаются на крышах зданий.

На точностные характеристики в значительной мере влияет ряд параметров, важнейшие из которых объединены подстилающей поверхностью, на которой находятся постоянно действующие пункты. Физические явления, вызывающие смещение точки наблюдений, действуют как в вертикальной плоскости, так и в горизонтальной. В работе [2] на основании анализа физических явлений, определен состав факторов, вызывающих вертикальное перемещение точек земной поверхности в исследуемом частотном диапазоне. Фактором, оказывающим наибольшее смещение по вертикали, является атмосферное давление. Максимальное вертикальное смещение, вызванное изменением атмосферного давления, может достигать 25 мм с периодом несколько суток [2].

Обеспечение высоких точностных параметров основано на стабилизации случайных возмущающих воздействий, оцениваемых объективным критерием робастности. Под робастностью будем иметь в виду состояние, в котором характеристики материала нечувствительны к воздействию дестабилизирующих, возмущающих факторов. Возмущающие воздействия, влияющие на ПДП, являются случайными, т.е. обладают параметрической неопределенностью. Параметрическая неопределенность обусловлена воздействиями на параметры сигнала случайными колебаниями. К основным случайным факторам, вызывающим горизонтальное смещение постоянно действующего пункта, относятся вибрации, температурные перепады, ветровые нагрузки [3]. Рассмотрим эти физические явления подробнее.

Вибрации являются случайным воздействующим фактором. Природа возникновения вибраций двойственна. С одной стороны причинами появления вибрации могут быть находящиеся на близком расстоянии магистральные трубопроводы, железнодорожные пути, автодромы, заводские цеха с работающими установками и др. С другой стороны вибраций той или иной мере зависят от происходящих сейсмических событий. Сила таких вибраций зависит от удаленности от эпицентра землетрясения. Изоляции ПДП от воздействия вибраций можно обеспечивать материалами, обладающими виброизолирующими свойствами, такими, например, как резина, а так же применением амортизаторов, песочных подушек, двойного фундамента.

Важнейшее влияние на стабильность ПДП влияет температура. Максимальная зарегистрированная температура воздуха +44 °С, а минимальная -40 °С. Стоит учитывать, что почва нагревается сильнее. Здесь максимальная зарегистрированная температура равна +66 °С. Т.е перепады температур составляют 70-100 °С. В таблице 1 представлены основные механические и тепловые свойства твердых тел, используемых при строительстве.

Таблица 1 – Основные механические и тепловые свойства твердых тел

Материал	Характеристика	
	Коэффициент Пуассона (утонышение к удлинению при растяжении)	Коэффициент линейного теплового расширения α , 1 / К
Бетон	0.10 - 0.15	$12.0 \cdot 10^{-6}$
Гранит	0.10 - 0.15	$7.93 \cdot 10^{-6}$
Мрамор	0.10 - 0.15	$8 \cdot 10^{-6} - 14 \cdot 10^{-6}$
Железо	0.2 - 0.3	$11.3 \cdot 10^{-6}$
Сталь	0.24 - 0.30	$11.9 \cdot 10^{-6}$

При тепловом воздействии 70-100 °С, используя данные, представленные в таблице 1, стальной стержень длиной один метр будет расширяться более, чем на 0,001 м. Примерно такую же погрешность даст и конструкция из бетона. Низкими коэффициентами линейного теплового расширения обладает гранит [3]. Так же стоит обратить внимание на композитные материалы, которые еще только начинают использоваться в строительстве.

Ветровое воздействие переменное во времени и направлении, а значит, является случайным воздействующим фактором. Для действующих пунктов ветровую нагрузку рассчитывают по величине средней составляющей ветровой нагрузки W_m на высоте $H_{над}$ поверхностью земли по формуле (1):

$$W_m = W_0 K_H C \quad (1)$$

где, W_0 - нормативное значение ветрового давления.

K_H - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте.

C - аэродинамический коэффициент, учитывающий изменение направления давления нормальных сил в зависимости от того с какой стороны находится скат по отношению к ветру, с подветренной или наветренной стороны (+ 0,8 - для наветренного фасада, -0,6- для подветренного фасада).

Так пункт с геодезической антенной установленный на четырехэтажном здании, которое находится на открытой местности, будет испытывать ветровую нагрузку примерно равную $W_m = 32 \text{ кг/м}^2$. Из этого можно сделать вывод, что для повышения точности координат точки приема сигналов GPS, ПДП, находящиеся в непосредственной близости к критически важным объектам, желательно располагать на подстилающей поверхности земли. Если по каким-либо причинам реализовать это не получается то, что бы максимально снизить влияние ветра, составляют «розу ветров» и пункты устанавливаются на несущих стенах здания с подветренной стороны.

Для повышения точности необходимо учитывать рассчитываемые в реальном масштабе времени поправочные коэффициенты для вертикальных воздействий на точку расположения антенны для приема сигналов GPS, а также максимально исключить или учитывать в виде поправочных коэффициентов горизонтальные ветровые, температурные и вибрационные воздействия.

Дальнейшие результаты исследований можно будет применять для увеличения эффективности установки и эксплуатации различного рода антенн приема и передачи информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пыко, Т. В. Основные направления модернизации государственной геодезической сети Республики Беларусь / Т. В. Пыко // Земля Беларуси. – 2007. – № 4. – С. 35–36
2. Дробышев, М. Н. Совершенствование методических приемов оценки вертикального перемещения точек земной поверхности : Автореф... дис. канд. техн. наук. – М. : ИФЗ, 2016. – 26 с.
3. Ярица, А. И. Стабилизация возмущающих воздействий на прием сигналов искусственного спутника Земли / А. И.Ярица, В. К. Железняк // Вестник ПГУ. Серия С. Фундаментальные науки. – 2016. – №4 – С. 61–65.