

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ КООРДИНАТ ТОЧКИ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНОГО ОБЪЕКТА ИНФОРМАТИЗАЦИИ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

В.К. ЖЕЛЕЗНЯК, А.И. ЯРИЦА

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,
г. Новополоцк, 211440, Республика Беларусь*

Спутниковое позиционирование – метод определения координат объекта в трехмерном земном пространстве с помощью спутниковых систем. Основным достоинством спутниковых систем позиционирования является их глобальность и оптимальная точность. Структура и принципы действия спутниковой системы точного позиционирования (ССТП) более подробно рассмотрены в работе [1]. Несмотря на прогресс, сложилась проблемная ситуация, когда существует противоречия между методической и инструментальной погрешностью. Точность определения координат геодезическими приемниками достигает 2 мм в плане и 3 мм по высоте. Однако точность, представляемая ССТП РБ ниже: определения координат в плане составляет 25 мм, а по высоте 30 мм. Точность спутниковой системы отличается от приборной в большей степени вследствие непосредственного соприкосновения с окружающей средой: сезонным и суточным изменениям температуры, давлением, приливным воздействием, ветровым и вибрационным нагрузкам.

Указанные внешние воздействия в той или иной мере влияют на постоянно действующие пункт ССТП, вследствие чего снижается точность всей сети, и возникает необходимость оценки воздействия и определения путей повышения устойчивости к ним. Увеличение точности координат, получаемых спутниковой системой, позволит глобально расширить спектр её применения: наблюдения за деформациями земной коры, монтаж и мониторинг магистральных трубопроводов, строительство гидро- и атомных электростанций, а также снизит стоимость этих работ и увеличить их оперативность.

В работе [2] подробно исследованы факторы, оказывающие смещение точки в вертикальной плоскости. Наибольшее воздействие оказывает приливное явление, которое смещает точку на 20 мм. Для повышения точности ССТП требуется факторный анализ воздействий, вызывающих смещение, как в вертикальной, так и горизонтальной плоскости.

Одним из факторов, оказывающих серьезное воздействие на стабильность пунктов, является ветровая нагрузка. Скорость ветра представляют в виде суммы двух составляющих: постоянной и переменной (пульсации). Плотность вероятности постоянной составляющей скорости ветра имеет закон распределения вероятности Рэлея:

$$f(W) = \frac{W}{\sigma^2} e^{-\frac{W^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

В этой формуле среднее квадратической отклонение постоянной составляющей скорости ветра зависит от высоты над земной поверхностью. В приземном слое атмосферы среднее квадратической отклонение выражается следующей зависимостью от высоты:

$$\sigma = \frac{2}{\pi} m_{w_0} \left(\frac{H}{H_0}\right)^n \quad (2)$$

где m_{w_0} – математическое ожидание скорости ветра на некоторой опорной высоте H_0 ; H – текущая высота; n - показатель степени, величину которого рекомендуется выбирать в пределах 0,15–0,20. При опорной высоте $H_0=10$ м рекомендуется принимать $m_{w_0} = 3 \div 4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$

Так как все постоянно действующие пункты (ПДП) расположены на зданиях, для получения оценки ветровой нагрузки на здания и сооружения, воспользуемся СНиП 2.01.07 – 85 «Нагрузки и воздействия» (редакция 2011 года) [3].

$$w_{+(-)} = w_0 k(z_e) [1 + \xi(z_e)] c_{p_{+(-)}} v_{+(-)} \quad (3)$$

где $w_{+(-)}$ – нормативное значение пикового положительного и отрицательного воздействия ветровой нагрузки;

z_e – эквивалентная высота (приравниваемая высоте здания);

$k(z_e), \xi(z_e)$ – коэффициенты, учитывающие, соответственно, изменение давления и пульсаций давления ветра на высоте z_e ;

$v_{+(-)}$ – коэффициенты корреляции ветровой нагрузки, соответствующие положительному давлению (+) и отсосу (–);

$c_{p_{+(-)}}$ – пиковые значения аэродинамических коэффициентов положительного давления (+) или отсоса (–).

Применим данные формулы для получения нормативного и расчетного ветрового давления для стандартной прямоугольной конструкции. Для примера возьмём пятиэтажный дом, имеющий следующие параметры: ширина $a = 15$ м., длина $b = 100$ м., высота $h = 18$ м., расположен в I ветровой район, тип местности – городская застройка, аэродинамический коэффициент равный 0,8 и логарифмического декремента колебаний δ для железобетонных и каменных сооружений равный 0,3. При расчете будем учитывать, что ветровое давление идёт на сторону b . Для получения нагрузки выберем две точки на высоте 10 и 17 м.

Таблица 1. – Результаты расчета ветрового давления

	Высота, м	Расчетное среднее давление на высоте, кПа	Расчетное суммарное давление на высоте, кПа
Первая точка	10	0,167	0,312
Вторая точка	17	0,204	0,415

По результатам применения формулы получаем суммарное расчетное давление во второй точке равное 0,415 кПа или 42,5 кг/м². Построим графики.

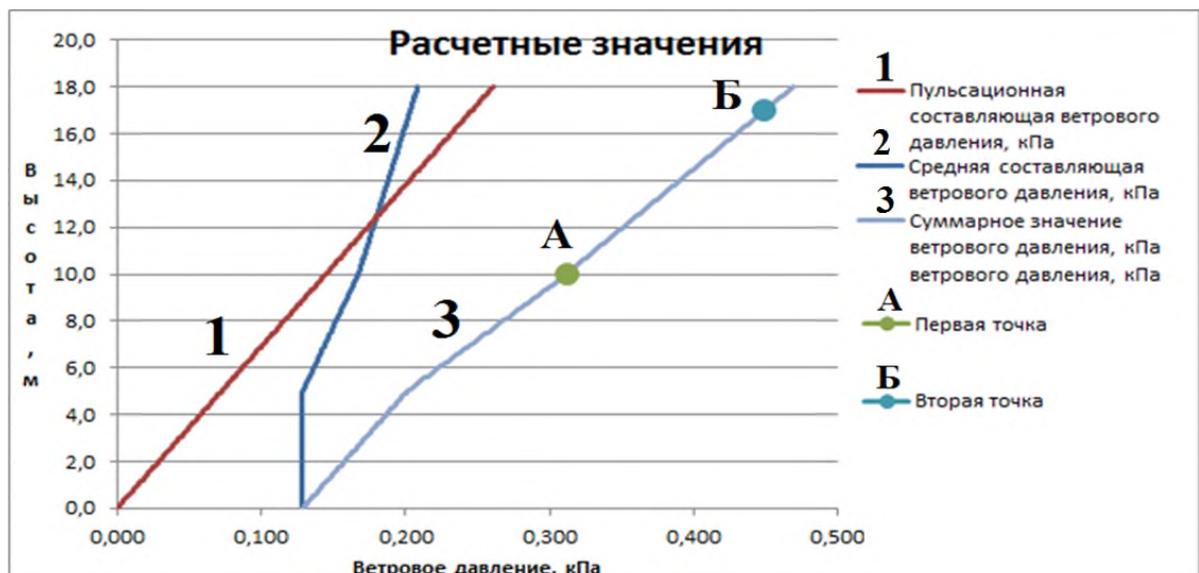


Рис.5. – Расчетные значения ветрового давления

Исследование влияния внешних воздействий на спутниковые геодезические приемники, проведенные в предыдущей работе [4], указывает на возможность оптимизации конструкторских решений, однако полностью исключить влияние внешних воздействий не представляется возможным. В связи с этим эффективной оказывается модель управления параметрами спутниковой системы в процессе эксплуатации геодезических приемника с учетом реальных воздействий окружающей среды и результатов априорного анализа этих воздействий на математических моделях в процессе проектирования. Для реализации такой модели необходимо в процессе эксплуатации геодезических приемников, установленных на ПДП, контролировать параметры окружающей среды: температуру, скорость и направление ветра, вибрации. Полученные результаты измерений позволят использовать информацию из базы данных о поведении этого пункта в конкретных условиях и соответствующих характеристиках. Это дает возможность скорректировать характеристики приемника и сигнала на его выходе, приблизив их к тем, которые были у приемника без внешних воздействий на него [5].

Как видно из расчётов, нагрузка при постоянной скорости ветра возрастает линейно с увеличением высоты. Пульсация ветра имеет нелинейную зависимость и суммарное расчетное значение, учитывающее постоянную составляющую скорость и пульсацию, превосходит нормативное значение на 40 %. Для максимального снижения влияния ветрового воздействия пункт следует располагать на земле, при этом сам геодезический приемник накрывать радиопрозрачным колпаком. В ходе системного анализа выделены основные приоритетные формы для колпака: овальные, сферические и куполообразные. Для укрепления подставки, расположенного на земле пункта, можно использовать обваловку, ограждение и двойной фундамент. А также, опираясь на опыт коллег из Института физики Земли [2], высокую устойчивость к температурным и вибрационным воздействиям показала конструкция из заполненного песком бетонного короба с установленным в середине постаментом, на который находится прибор.

Таким образом, с учетом данных о состоянии окружающей среды и результатов априорного анализа поведения конструкции постоянно действующего пункта с геодезическим приемником в текущих условиях эксплуатации появляется возможность вносить поправки в реальные характеристики координат приемника и решения, принимаемые спутниковой системой, в составе которой он используется. На данный момент проходит анализ и разработка такой интеллектуальной системы.

Список литературы

1. Железняк В.К., Ярица А.И. Стабилизация возмущающих воздействий на приём сигналов искусственного спутника Земли / В.К. Железняк, А.И. Ярица // Вестник ПГУ. Серия С. Фундаментальные науки. – 2016. – № 4. – С. 61–65.
2. Дробышев М.Н. Совершенствование методических приёмов оценки вертикального перемещения точек земной поверхности: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. – Москва: ИФЗ, 2016. – 15 с.
3. Строительные нормы и правила: СНиП 2.01.07 – 85. Нагрузки и воздействия [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: [б.и.], 2011. – 81 с.
4. Железняк В.К., Ярица А.И. Анализ случайных физических явлений, снижающих точность координат точки прием сигналов GPS // Современные средства связи: материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф., 20–21 окт. 2016 года, Минск, Респ. Беларусь; редкол.: А. О. Зеневич [и др.]. – Минск: Белорусская государственная академия связи, 2016. – 240–243 с.
5. Якимов А.Н. Обеспечение помехоустойчивости информационных коммуникаций в интеллектуальной радиолокационной системе / А.Н. Якимов, В.Б. Лебедев //

Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012.
– № 1 (21). – С. 124–132.

Сведения об авторах

Железняк Владимир Кириллович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиоэлектроники УО «ПГУ»

Ярица Алексей Игоревич, магистр технических наук, аспирант кафедры радиоэлектроники УО «ПГУ»

Адрес для корреспонденции

211440, Республика Беларусь, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29, Учреждение образования «Полоцкий Государственный Университет»

Железняк Владимир Кириллович + 375 29 817 92 86 МТС

Ярица Алексей Игоревич + 375 29 712 43 54 МТС

e-mail: yaritsa.rabota@gmail.com