

СПОСОБ МОНИТОРИНГА СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКРЫТИИ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Зайкова К.А.¹, Фомин Н. И.¹,

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

XeniaZaikova@yandex.ru, nnimoff@mail.ru

Аннотация. Во всем мире набирает популярность применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в различных сферах жизнедеятельности, сфера строительства не является исключением. В статье предложен новый способ мониторинга снеговой нагрузки с применением БПЛА, позволяющий оперативно предупреждать возникновение сверхнормативной снеговой нагрузки на покрытия здания в целом и его отдельных участках.

Ключевые слова: БПЛА, строительство, снеговая нагрузка, мониторинг, аэрофотосъемка.

METHOD FOR MONITORING SNOW LOAD ON BUILDING SURFACES USING UNMANNED AERIAL VEHICLES

Zaikova K., Fomin N.

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The using of unmanned aerial vehicles (UAVs) is gaining popularity in various spheres of life around the world, the construction sector is not exception. The article proposes a new method for monitoring snow load using UAVs, which allows you to quickly prevent the occurrence of excess snow load on the building.

Keyword: UAVs, construction, snow load, monitoring, aerial photography

В настоящий момент при проектировании зданий и сооружений, расположенных на территории Российской Федерации, основным нормативным документом, регламентирующим назначение нагрузок и воздействий на здание, является свод правил СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [1]. Требования действующего СП 20.13330.2016 были увеличены, по сравнению с предыдущими версиями, в частности:

- произведена корректировка территориального районирования по весу снежного покрова в сторону повышения снегового района;
- принято увеличение нормативного значения веса снежного покрова

На основании анализа развития строительных норм в области определения снеговых нагрузок [1, 4-8], проанализирована динамика изменения нормативного значения веса снежного покрова для крупных городов Среднего Урала. Большая часть территории Среднего Урала представлена III (Екатеринбург), IV (Серов, Нефтекамск), V (Пермь) снеговыми районами. Кривые, отражающие вес снежного покрова в соответствии со строительными нормами на протяжении последних шестидесяти лет, приведены на рис. 1.

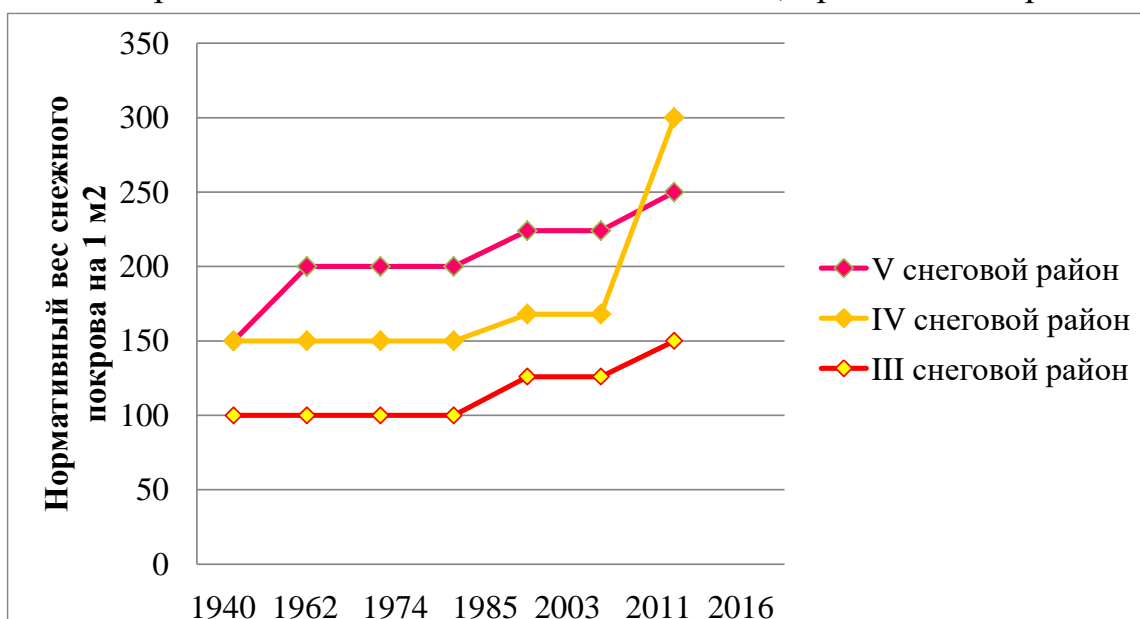


Рисунок 1 – График изменения веса снежного покрова на протяжении развития отечественных строительных норм на территории Среднего Урала

В связи с этим, многие здания и сооружения, проектирование которых осуществлялось с учетом устаревших пониженных значений веса снежного покрова, требует контроля снеговой нагрузки на покрытия.

Кроме того, в России увеличивается количество случаев обрушений покрытий промышленных и общественных зданий в основном из-за нарушений правил эксплуатации кровли, в том числе под влиянием технологических факторов (увлажнение снега, локальные скопления снега при уборке), что влечет превышение предельной снеговой нагрузки [2].

Основной причиной подобных инцидентов является нарушение правил эксплуатации кровли, а именно несвоевременное очищение кровли от снега. По различным причинам служба эксплуатации здания допускает накопление

снежного покрова на кровле зданий, вследствие этого, его суммарный вес превышает предельную снеговую нагрузку и происходит потеря несущей способности конструкций покрытия.

В связи с этим возникает необходимость непрерывного дистанционного мониторинга веса снежного покрова на кровле зданий, позволяющего своевременно отслеживать критическую снеговую нагрузку на кровле. Для создания подобного мониторинга перспективно применение БПЛА, таким образом, представляется возможным определение веса снежного покрова (и других его параметров) дистанционно, исключая непосредственное пребывание людей на покрытии здания (в целях обеспечения безопасности работ).

В данной статье будут рассмотрен способ мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением БПЛА.

Способ мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением БПЛА [3] относится к области строительства, и может быть использован при оценке снеговой нагрузки на покрытии здания в целом и его отдельных участках для оперативного предупреждения возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки на данных участках.

Технологическая последовательность мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением БПЛА по заявленному способу реализуется следующим образом.

1 этап: выполняют аэрофотосъёмку покрытия здания при отсутствии снежного покрова с применением БПЛА, оборудованного камерой, и определяют высотные отметки H , м для заранее размеченной сети контрольных точек на поверхности покрытия, см.рис.2-3. Сеть контрольных точек при этом должна быть равномерно распределена по площади всего покрытия так, чтобы площадь каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку не превышала 5 м^2 , сгущаясь, при необходимости, на участках возможных снеговых отложений.

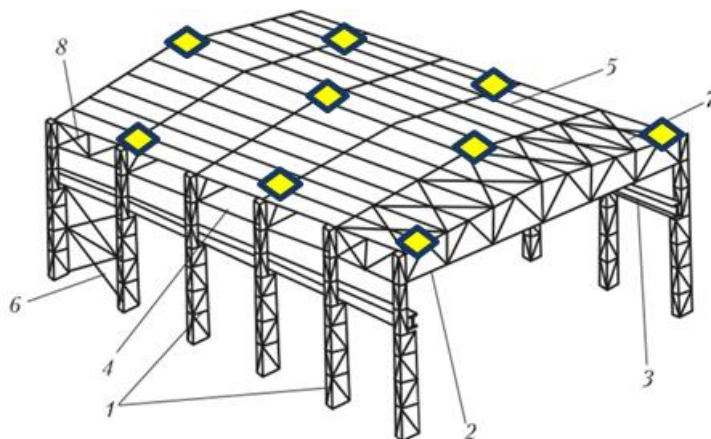


Рисунок 2 – Сеть контрольных точек на покрытии

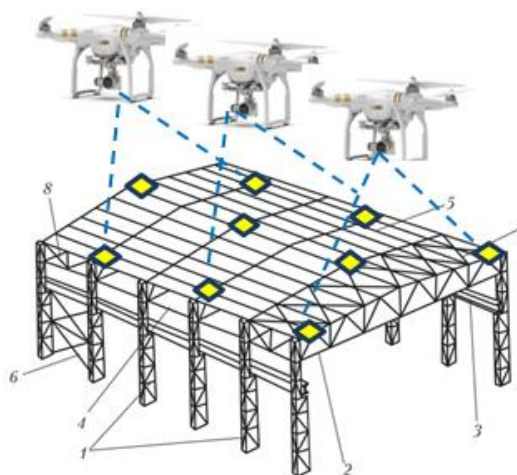


Рисунок 3 – Проведение аэрофотосъёмки при отсутствии снежного покрова

2 этап: для каждого участка покрытия здания, содержащего контрольную точку, определяют расчетную предельную величину снеговой нагрузки $P_{s,ult}$, Н/м² с учетом фактического технического состояния несущих конструкций участка покрытия, условий его эксплуатации, а также уровня ответственности здания в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

3 этап: после каждого выпадения атмосферных осадков в виде снега выполняют аэрофотосъёмку покрытия здания при наличии снежного покрова с применением БПЛА, оборудованного камерой, см. рис. 4-5, и определяют высотные отметки H_s , м контрольных точек на поверхности покрытия, находят среднюю высоту снежного покрова на участке покрытия, содержащего контрольную точку, h_s , м, по формуле (1).

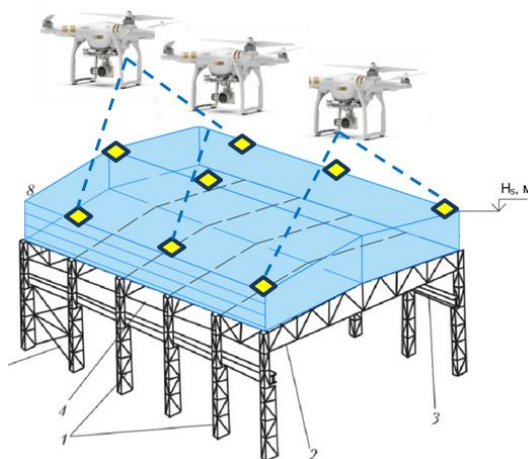


Рисунок 4 – Проведение аэрофотосъёмки при наличии снежного покрова

$$h_s = H_s - H, \quad (1)$$

где H_s – высотная отметка контрольной точки поверхности покрытия при наличии на нем снежного покрова, м;

H – высотная отметка контрольной точки поверхности покрытия при отсутствии на нем снежного покрова, м,

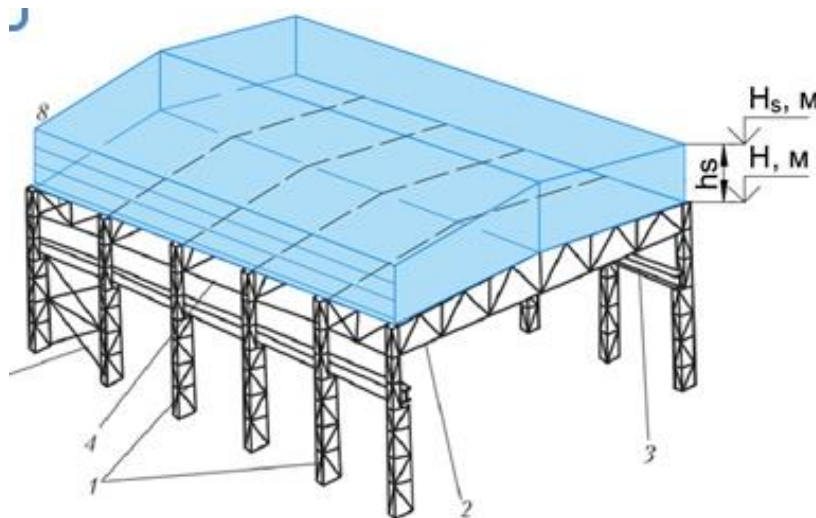


Рисунок 5 – Определение средней высоты снежного покрова

4 этап: определяют среднюю расчетную плотность снега ρ_s , кг/м³ с учетом его слоистой структуры для каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку, используя известные физические модели, например [9], в зависимости от температуры воздуха, измеренной во время осуществления аэрофотосъемки по этапу 2. Температуру воздуха определяют с использованием термометра.

5 этап: данные, полученные по результатам этапов 1, 3, 4, автоматически обрабатывают, в результате чего, находят среднюю величину расчетной снеговой нагрузки на участке покрытия P_s , Н/м² по формуле (2).

$$P_s = \rho_s \cdot h_s \cdot g, \quad (2)$$

где P_s – средняя величина расчетной снеговой нагрузки на участке покрытия, Н/м²;

h_s – средняя высота снежного покрова на участке покрытия, м;

ρ_s – средняя расчетная плотность снега с учетом его слоистой структуры на участке покрытия, кг/м³;

g – ускорение свободного падения тела.

Величину P_s находят для каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку.

6 этап: для каждого участка покрытия, содержащего контрольную точку, производят сравнение средней величины расчетной снеговой нагрузки P_s , найденной в результате этапа 5, с расчетной предельной величиной снеговой нагрузки $P_{s\,ult}$, определенной в результате этапа 2.

В случае, если на участке покрытия, содержащего контрольную точку, средняя величина расчетной снеговой нагрузки P_s находится в интервале $0,9 P_{s\text{ult}} \leq P_s \leq P_{s\text{ult}}$, то на данном участке принимают предкритическое состояние, предшествующее моменту возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки.

В этом случае принимают решение по очистке обнаруженного участка покрытия от снежного покрова с целью предотвращения исчерпания несущей способности его несущих конструкций и, как следствие, его обрушения.

Технический результат заключается в том, что осуществление мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением БПЛА по заявленному способу позволяет с высокой точностью предупредить ситуацию возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки на покрытии здания в целом

и его отдельных участках, в результате дистанционного замера параметров для определения средней расчетной величины снеговой нагрузки на покрытии с учетом слоистой структуры снега.

Применение данного способа актуально для зданий на значительной территории Российской Федерации, в частности на тех территориях, где преобладает выпадение большого количества атмосферных осадков в виде снега, в том числе для зданий, в результате обследования которых, было установлено ограничение снеговой нагрузки на покрытии.

Библиографический список

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. – М.: Минстрой России, 2016. – 95 с. - Текст: непосредственный.

2. Случаи обрушения кровли на предприятиях в России в 2011-2018 годах // РИА Новости: [сайт]. -2018. URL: <https://ria.ru/20181217/1548097241.html> (дата обращения: 27.01.2020). – Текст: электронный.

3. Способ мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением беспилотных летательных аппаратов: пат. № 2733979 Рос. Федерация / МПК Е 04 D 15/00 (2006.01) / К. А. Зайкова, Н. И. Фомин, К. В. Бернгардт, М. А. Протасова; патентообладатель Урал. фед. ун-т им. Б.Н. Ельцина. – № 2019121248; заявл. 08.07.2019; опубл. 08.10.2020, Бюл. № 28.. – Текст: непосредственный.

4. ОСТ 90058-40 Нагрузка снеговая. – М.: Стройиздат Наркомстроя, 1940. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/822902945/> (дата обращения: 14.01.2019). – Текст: электронный.

5. СНиП II-A.11-62 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293849/4293849631.htm> (дата обращения: 14.01.2019). – Текст: электронный.

1. СНиП II-6-74 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1976. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293849/4293849633.htm> (дата обращения: 14.01.2019). – Текст: электронный.

6. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – : Государственный комитет СССР по делам строительства от 29 августа 1985 г. N 135, 1985. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200280> (дата обращения: 14.01.2019). – Текст: электронный.

7. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. – М.: Минрегион России, 2011. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084848> (дата обращения: 14.01.2019). – Текст: электронный.

8. Казакова Е.В. Алгоритм расчета высоты свежеснегавшего снега предназначенный для постпроцессинга систем атмосферного моделирования (на примере COSMO). – М.: «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации», 2013, с. 195-212. - Текст: непосредственный.