

Аналіз причин обвалення покрівель виробничих будівель.

Ірина Руднєва ¹, Юрій Прядко ², Микола Прядко ³

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037

²Beijing International Education Institute, Пекін, Китай.

³ТОВ "СВК", Київ, Україна

¹irene_r@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-9711-042X>

²y.n.pryadko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-7163-4295>

³pryadko_nv@ukr.net

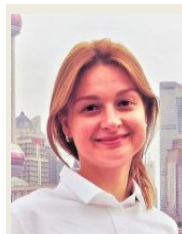
DOI: 10.32347/2522-4182.6.2020.85-93

Анотація. Збільшення частки промислового виробництва в економіці спричиняє за собою введення в дію нових, а також реконструкцію старих виробничих об'єктів. Однак, найчастіше, як нові, так і реконструйовані промислові будівлі останнім часом експлуатуються неправильно, з великою ймовірністю обвалення.

У статті розглядаються актуальні питання про зниження небезпеки лавиноподібного обвалення покрівлі промислового будинку. Вказуються причини виникнення аварійних ситуацій і заходи по їх запобіганню.

В даний час в Україні є споруди, зведені ще в 20 столітті, й, далі, до 2006 року (до виходу ДБН В.1.2-2: 2006 [2]), що мають неприпустимі конструктивні схеми, схеми снігових навантажень і коефіцієнтів, які не розглянуті в ДБН. Очевидно, що власники не бажають зносити ці будівлі, та проектувальник зобов'язаний усунути наявні невідповідності, виявлені при обстеженні, зокрема, запроектувати нові або підсилити існуючі елементи конструкцій відповідно до пунктів діючих норм України, якщо вони, звичайно, є. В наведеному в статті прикладі відзначено, що не всі випадки розглянуті в ДБН. Тому автори статті вважають за необхідне розглянути й інші схеми снігових навантажень і відповідних коефіцієнтів, які будуть визначені за допомогою експериментальних досліджень, і прописані для існуючих будівель, що реконструюються, на законодавчому рівні.

Ключові слова: ДБН; снігові навантаження; обвалення покрівлі; реконструкція; підсилення конструкцій; коефіцієнт переходу снігового навантаження.



Ірина Руднєва

к. т. н.,
доцент кафедри Опір матеріалів



Юрій Прядко

к.т.н., доцент, лектор



Микола Прядко

к.т.н., доцент, директор

ВСТУП

В даний час обсяги реконструкції і модернізації існуючих промислових будівель перевищують частку будівництва нових будівель. Найчастіше це пов'язано з відносно низькою ціною реконструкції, в порівнянні з будівництвом нових будівель. Також важливим фактором є менші терміни введення в експлуатацію, при виборі реконструкції споруд. Однак, найчастіше, як нові, так і реконструйовані промислові будівлі останнім часом експлуатуються неправильно, з великою ймовірністю обвалення.

За останні роки (2011-2019) збільшилася кількість обвалень покрівель виробничих будівель, а саме:

- 2011р . 15 березня через скупчення снігу обвалився дах споруджуваного складського приміщення на підприємстві "Аріада" в місті Волжск республіки Марій Ел.
3 лютого за скупчення снігу стався обвал даху в арматурному цеху будівельної компанії "Дискус Плюс" в Кіровському районі Новосибірська.
27 січня через ветхість конструкцій будівлі і снігового навантаження сталося обвалення покрівлі на будівлі цеху ткацького підприємства "Кохматекстіль" (Івановська область).
- 2012р . 28 березня через велику кількість снігу в Саратові сталося обвалення покрівлі на заводі "Рефлектор".
- 2013р 23 липня за ремонті обвалилася покрівля будівлі в Ростові-на-Дону на території заводу "Ростсільмаш".
- 2015р . 23 вересня обвалилася покрівля цеху заводу "Тяжпрессмаш" в Рязані.
- 2016р . 1 грудня у час робіт з демонтажу старого приміщення ангара на території "Заводу сепараторів", розташованого в Радянському районі Махачкалі (Дагестан), сталося обвалення стельових залізобетонних плит.
9 листопада через скупчення снігу обвалилася покрівля виробничої будівлі машинобудівного заводу імені М.І. Калініна в Єкатеринбурзі.
- 2017р 28 листопада в Норильську пориви штормового вітру обрушили конструкцію пароудалення на покрівлю плавильного цеху №1.
9 серпня через корозійне пошкодження стропильних конструкцій

в будівлі хімічного заводу "Кримський титан" в місті Армянську сталося часткове обвалення конструкцій покрівлі.

25 квітня в місті Лебеяди Липецької області на складі заводу Persico обвалилася покрівля. Площа обвалення складала 300 квадратних метрів. Постраждали дві людини.

30 березня при проведенні робіт з розбирання одноповерхової будівлі в Беслані (Північна Осетія) обвалилася покрівля будівлі колишньої автотранспортної колони.

2018р . 1 грудня обвалення даху школи з подальшим обвалом в середину приміщення спортивного залу ДЮСШ Фаворит в Вишневому Київської області. За даними Держслужби з надзвичайних ситуацій України, дах обвалився через сніг.

17 грудня в підмосковному Дзержинському на території заводу залізобетонних виробів сталося обвалення покрівлі одного з виробничих споруд. Причини не вказані.

5 вересня дах одного з цехів підприємства "Азот" в Кемерово частково обвалилася під час ремонтних робіт.

19 серпня за демонтаж обвалився дах колишнього целюлозно-паперового заводу в місті Поронайск на Сахаліні.

28 березня обвалився дах в селищі Червоний Схід Воронежської області.

3 березня обвалився дах автотранспортного підприємства в місті Неї Костромської області.

4 березня в одноповерховій будівлі цеху, при плановому ремонті ПАТ «АлселорМіттал Кривий Ріг» (Україна), від снігового навантаження обвалилася покрівля.

2019р 11 січня в Харкові обвалився дах

торговельного павільйону через снігопад і велику кількість снігу на даху.

31 січня від снігу обвалилася покрівля цеху №11 ТОВ «Горные машины - ДГМ» у м.Донецьк.

5 січня через аварійний стан конструкцій і снігового навантаження на площі понад 3 тис. кв. метрів обвалилася покрівля на прокатному стані №390 Макіївського металургійного комбінату Донецької області.

29 січня через аварійний стан конструкцій і снігове навантаження на території Горлівського машзаводу Донецької області в цеху стався обвал стін та покрівлі.

Всі негативні фактори, що призвели до аварії і обвалення покривів будівель, необхідно було виявити не після, а до обвалення, шляхом комплексного технічного обстеження. Технічне обстеження будівлі та споруди повинно проводитися в два етапи:

1. Попереднє обстеження;
2. Детальне обстеження.

Попереднє обстеження включає в себе наступні основні роботи:

- аналіз і вивчення проектної документації (будівельних креслень і висновків про інженерно-геологічні умови);

- візуальний зовнішній і внутрішній огляд конструкцій з необхідними обмірами (конструкцій сполучення, стиків елементів, умов обпирання, порушення цілісності, характер тріщин тощо);

- обстеження фундаментів будівель та їх стану шляхом виконання шурфів;

- інженерно-геологічні роботи (буріння свердловин, зондування, відбір проб ґрунтів, лабораторні дослідження та ін.) для встановлення фактичних фізико-механічних характеристик ґрунтів.

Обстеження будівель і споруд на першому етапі закінчується оцінкою зміни інженерно-геологічних умов за період будівництва та експлуатації, встановленням

причин наявних деформацій, утворення тріщин і складанням дефектної відомості.

Детальне обстеження включає наступні роботи:

- відбір проб та визначення міцності матеріалів несучих конструкцій неруйнівними методами на механічному пресі в лабораторії;

- контрольні заміри та складання схем розташування несучих конструкцій і поперекових розрізів будівлі;

- виконання повірочних статичних розрахунків елементів конструкцій будівлі й визначення навантажень на фундаменти з урахуванням їх збільшення при реконструкції;

- визначення розрахункового опору ґрунтів основи стосовно існуючої конструкції фундаменту при збільшенні навантажень.

Обстеження будівель і споруд на другому етапі закінчується складанням технічного висновку про фізико-механічні властивості ґрунтів і матеріалів конструкцій, приймається розрахункова схема несучих конструкцій, та споруди в цілому, з урахуванням виявлених дефектів.

Як правило, причинами обвалення будівельних конструкцій покриття будівлі є кілька факторів:

- організаційні;
- конструктивні;
- наявність аварійного впливу.

За наявними даними нами проаналізовані причини обвалення конструкцій покриття цеху №11 ТОВ «Горные машины - ДГМ» у м.Донецьк.

Організаційними факторами обвалення покриття є експлуатація будівлі, яка виконувалася з порушеннями наступних вимог норм і правил промислової безпеки:

- Стаття 39-2 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17.02.2011 № 3038-VI, згідно з яким власники або керуючі об'єктів будівництва забезпечують поточний огляд і періодичне обстеження прийнятих в експлуатацію у встановленому законодавством порядку

об'єктів протягом усього періоду їх існування.

- Постанова «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва» від 12.04.2017 № 257.

- «Положение о безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений» Госнадзорхрантруда, Госстрой, 1998 р. (п.п. 2.10, 2.12, 2.20, 2.26, 3.2, 3.14, 4.1, глава 9) до 14.07.2014. Воно втратило чинність на підставі наказів Міністерства регіону та Міністерства енергетики України від 14.07.2014 № 193/507;

- «Руководство по эксплуатации строительных конструкций производственных зданий промышленных предприятий». ЦНДІ промислових будівель Держбуду СРСР м. Москва: Стройиздат, 1981 р. (П.п. 2.1, 2.3, 2.4, 3.7, 3.13, 3.148, 4.4, 4.11, 6.4);

- МДС 13-14.2000 «Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений» Держбуд СРСР м. Москва, 1974 р.

- Відсутні акти сезонних весняно-осінніх оглядів стану будівельних конструкцій будівлі.

- Не забезпечено утримання будівельних конструкцій будівлі в технічно справному стані, невиконання поточних і капітальних ремонтів відповідно до нормативних документів і графіками проведення ремонтних робіт.

Конструктивними факторами обвалення покриття є:

- руйнування кріплення елементів ферм у вузлах;

- розриви розтягнутих і згин стиснутих елементів кроквяних ферм внаслідок перенапруження.

Дана причина є найбільш імовірною через виявлення протікання покрівлі, замкнення конструкцій ферм і наявності локального корозійного зносу елементів ферм, а також зон підвищеного корозійного зносу опорних ділянок кроквяних ферм, особливо в зонах розташування водоприймальних воронок.

Конструктивною причиною є також перевантаження ферм при зниженні несучої здатності ферм внаслідок викривлення і обриву опорних розкосів ферм від впливу зовнішнього навантаження при підвищених навантаженнях на покрівлю. Даний фактор не можливо виявити при відсутності снігового навантаження.

Впливами, які викликали обвалення покриття, є:

- снігове навантаження, що призводить до збільшення напруження в кроквяних конструкціях;

- низька температура, яка збільшує розтягуючі зусилля в елементах ферм.

Перевантаження покриття викликане наступними факторами:

- накопичення снігу, заледенілої води, мокрого снігу і льоду на поверхні покрівлі. дане явище обумовлене впливом екстремальних погодних умов у січні 2019 р., а саме, багаторазове чергування: сніг - дощ, хмарно - сонячно, негативна температура повітря - позитивна температура;

- відсутність своєчасної очистки покрівлі від снігу, закупорка водостічної системи водовідведення з покрівлі при непрацюючому цеху і відсутності опалення;

- підвищена постійне навантаження на покрівлю через значну товщину стяжки, рулонного покриття і утеплювача (в результаті багаторазових ремонтів);

- намокання утеплювача на покрівлі.

Несприятливим фактором є також і те, що за останні десятиліття відбулося збільшення характеристичного значення ваги снігових відкладень.

Значення характеристичних значень снігового навантаження в чинних [2] та не чинних нормах України [3, 4], для умов Донецької області і для умов Києва, які необхідно враховувати при продовженні терміну експлуатації будівлі представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристичні значення снігового навантаження
Table 1. Values of characteristic values of snow load

Рік внесення змін в Нормативний документ	Нормативний документ	Снігове навантаження (для Донецької області), кг / м ²	Снігове навантаження (м.Київ), кг/м ²
1	2	3	4
1988 р.	СНиП 2.01.07-85 * «Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия»	50	70
1	2	3	4
1996 р.	СНиП 2.01.07-85 * "Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия »	50	70
2006 р.	ДБН В.1.2-2:2006 «Державні будівельні норми України. Навантаження і впливи »	150	155

Прикладом таких промислових будівель є комплекс цехів ТОВ «Горные машины - ДГМ», обстеження якого авторами статті було виконано в 2012 році. У комплекс входить цех №11. Він будувався в різний час, з 1925 по 1961р. Спочатку були побудовані три паралельні прольоти, а потім по їх торцях зведено ще два прольоти. Всі ці добудови сприяють утворенню в єндовах снігових мішків висотою до 5 метрів. Накопичення снігу в зимовий час призводить до багаторазового перевантаження кроквяних конструкцій і обваленню покриття (рис.1).

Форма покриття комплексу цехів, в який входить цех №11 ТОВ «Горные машины - ДГМ», є нетиповою і не розглядається в Додатку Ж ДБН В.1.2.-2: 2006 «Навантаження і впливи» [2] при визначенні коефіцієнта μ , який є коефіцієнтом переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю у формулі 8.4 ДБН В.1.2.-2: 2006:

$$C = \mu C_e C_{alt},$$

де

C_e - коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі, п.8.9 ДБН В.1.2.-2: 2006,

C_{alt} - коефіцієнт географічної висоти, п. 8.10 ДБН В.1.2.-2: 2006.

Проаналізуємо, як зміниться експлуатаційне розрахункове снігове навантаження (S_e) в розжолобку, визначене за формулою 8.2 ДБН В.1.2.-2: 2006, в залежності від конфігурації дахового покриття і чинного нормативного документа (див. Таблицю 2).

$$S_e = \gamma_{fe} S_0 C$$

Величини коефіцієнтів γ_{fe} , C_b , C_{alt} приймаємо рівними одиниці.

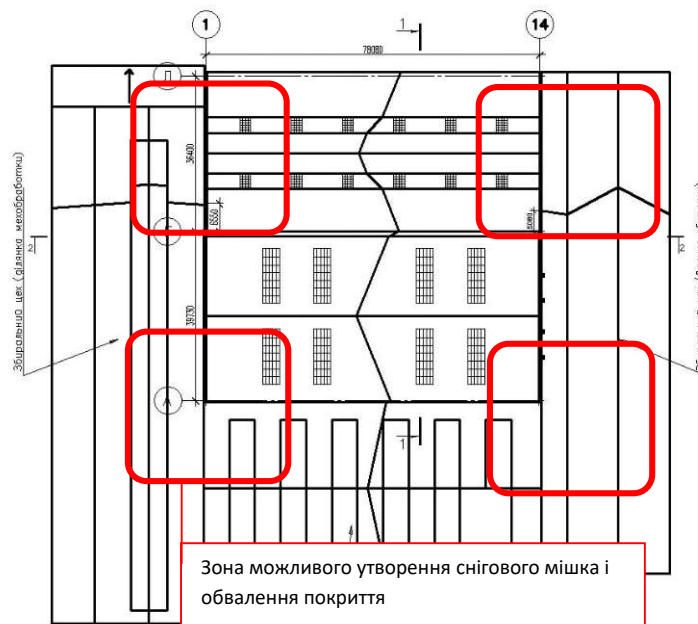


а



б

в



г

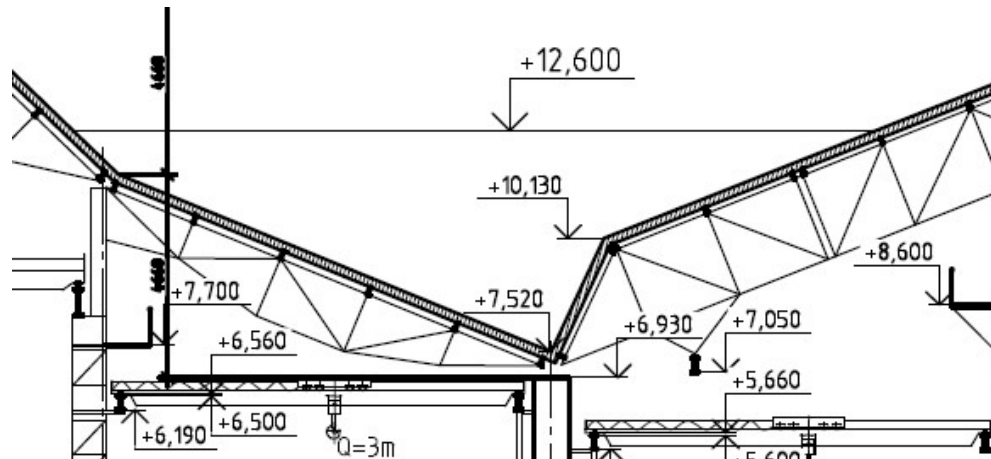
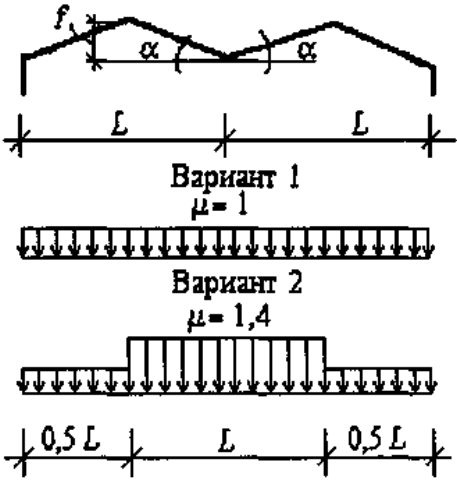
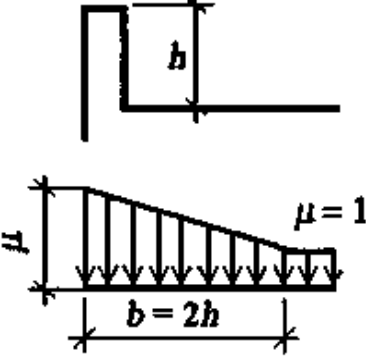


Рис.1. Потенційні місця утворення снігових мішків висотою до 5 м і обвалення покрівлі в зимовий час через перевантаження кроквяних конструкцій (а - фото до обвалення, б - фото після обвалення, в - план покрівлі із зазначенням місць обвалення і небезпечних зон, г - переріз в зоні обвалення із зазначенням відміток).

Fig.1. Potential places of formation of snow bags up to 5 m high and collapse of the roof in winter due to overloading of rafter structures (a - photo before the collapse, b - photo after the collapse, c - roof plan indicating places of collapse and dangerous areas, d - section in a zone of collapse with an indication of marks).

Таблиця 2. Конфігурації дахового покриття.
Table 2. Configurations of roofs.

<p>Форма покриття Додаток «Ж» ДБН В.1.2.-2: 2006.</p>	<p>Значення коэф. μ</p>	<p>СНиП 2.01.07-85* $S_0=500\text{Па}$</p>	<p>ДБН В.1.2-2:2006 $S_0=1500\text{Па}$</p>
<p>Схема 5. Дво- і багатопролітні будівлі з двосхилими покриттями</p>  <p>Варіант 1 $\mu = 1$</p> <p>Варіант 2 $\mu = 1,4$</p>	<p>$\mu = 1,4$</p>	<p>$500 \times 1,4 = 700$</p>	<p>2100</p>
<p>Схема 10. Покриття з парапетами</p>  <p>$h > \frac{S_0}{2}$ (h – в м; S_0 – в кПа)</p> <p>$\mu = \frac{2h}{S_0}$, але не більше 3.</p> <p><u>Висота парапету $h = 5\text{м}$.</u></p>	<p>$\mu = 3$</p>	<p>$500 \times 3 = 1500$</p>	<p>$1500 \times 3 = 4500$</p>

Як видно з таблиці 2, початкове розрахункове снігове навантаження, визначене за схемою, спочатку прийнятої при будівництві цехів багатопрольотних будинків з двоскатними покриттями в розжолобку, склало 700 Па. Після прибудови торцевих прольотів, які утворили перешкоди для снігу, розрахункове снігове навантаження склало 4500 Па (ДБН В.1.2-2: 2006. Схема 10).

Покриття з парапетами [2]), що в 6,4 рази перевищує первісне розрахункове снігове навантаження.

Це і є поясненням руйнування покрівлі в зимовий час в місцях ендів (див. рис.1).

Зараз в Україні є споруди, зведені ще в 20 столітті, і, далі до 2006 року (до виходу ДБН В.1.2-2: 2006) [2], що мають неприпустимі конструктивні схеми, схеми снігових навантажень і коефіцієнтів, які не розглянуті в чинних ДБН.

Зрозуміло, що власники не бажають зносити ці будівлі, і проектувальник зобов'язаний усунути наявні невідповідності, виявлені при обстеженні, зокрема, запроєктувати нові або підсилити існуючі елементи конструкцій, відповідно до пунктів діючих норм України, якщо вони, звичайно, є. На наведеному вище прикладі відзначено, що не всі випадки розглянуті в чинних ДБН.

Тому автори статті вважають за необхідне розглянути й інші схеми снігових навантажень і відповідних коефіцієнтів, які будуть визначені за допомогою експериментальних досліджень, і прописані для існуючих будівель, що реконструюються, на законодавчому рівні (рис.1, в, г).

В іншому випадку, в кожному з можливих випадків, що не прописані в ДБН, проектувальник бере відповідальність на себе за прийняття рішень, нерідко, приймаючи не економічні рішення, з метою перестраховування, що, зрозуміло, краще, ніж прийняття не надійних рішень, які, ймовірно, не задовольняють вимогам міцності, жорсткості і стійкості елементів конструкцій [1, 5].

ВИСНОВКИ

Основними причинами, що призводять до аварійних ситуацій, є:

1. Перевантаження конструкцій покріть старих будівель сніговим навантаженням.
2. Підвищення ваги покрівлі через намокання і скупчення технологічного пилу;
3. Несвоєчасний ремонт покрівель;
4. Недостатній захист будівельних конструкцій від корозії та втрата перерізу кроквяних конструкцій;
5. Несвоєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів.
6. Низька якість робіт при зведенні будинків і споруд;
7. Недогляди і порушення правил експлуатації;
8. Помилки на стадії проектування, перебудови і реконструкції будівель;
9. Є недоробки в нормах проектування, для об'єктів реконструкції, зокрема, в Додатку «Ж» ДБН В.1.2.-2: 2006 відсутня схема завантаження сніговим навантаженням дво- і багатопрольотних будинків з двоскатними покриттями при наявності в торці перпендикулярно розташованих прольотів.

ЛІТЕРАТУРА

1. **ДБН В.1.2-14:2018.** Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. / *Мінрегіонбуд України.* – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2018.
2. **ДБН В.1.2-2:2006.** Навантаження і впливи. Норми проектування / *Мінбудархітектури України.* – К.: *Сталь*, 2006.
3. **СНиП 2.01.07-85 *** "Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия", *Москва, Государственный Строительный Комитет СССР.* – 1988.
4. **СНиП 2.01.07-85 *** "Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия", *Москва, Государственный Строительный Комитет СССР.* – 1996.

5. **ДБН В.2.6-198:2014.** Сталеві конструкції. Норми проектування/ *Мінрегіон України*. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2014.
6. **ДБН А.1.1-94:2010.** Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення / *Мінрегіонбуд України*. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2012.
7. **ДСТУ Б В.1.2.-3:2006.** Прогини і переміщення. Вимоги проектування / *Мінбуд України*. – К.: *Сталь*, 2006.

REFERENCES

1. **DBN B.1.2-14: 2018.** General principles of ensuring the operation and structural safety of buildings, structures, building structures and foundations. / *Ministry of Regional Development of Ukraine*. - Kyiv: *Ukrarchbudinform*, 2018.
2. **DBN B.1.2-2: 2006.** Loads and effects. Design standards / *Ministry of Construction and Architecture of Ukraine*. - K.: *Сталь*, 2006.
3. **SNiP 2.01.07-85*** "Construction norms and rules. Loads and impacts", Moscow, *STATE Construction Committee Of The USSR*. - 1988.
4. **SNiP 2.01.07-85 *** "Construction norms and rules. Loads and impacts", Moscow, *STATE Construction Committee Of The USSR*. - 1996.
5. **DBN B.2.6-198: 2014.** Steel structures. Design standards / *Ministry of Regional Development of Ukraine*. - Kyiv: *Ukrarchbudinform*, 2014.
6. **DBN A.1.1-94: 2010.** Design of building structures according to Eurocodes. *Basic provisions* / *Ministry of Regional Development of Ukraine*. - Kyiv: *Ukrarchbudinform*, 2012.
7. **DSTU B B.1.2.-3: 2006.** Deflections and displacements. Design requirements / *Ministry of Construction of Ukraine*. - K.: *Сталь*, 2006.

INVESTIGATION OF THE ROOF COLLAPSE CAUSES OF INDUSTRIAL BUILDINGS.

*Iryna Rudnieva, Iurii Priadko,
Nikolay Priadko*

Abstract. Increasing the share of industrial production in the economy entails the introduction of new and reconstruction of old industrial areas. However, often, both new and reconstructed industrial buildings have recently been operated incorrectly, with a high probability of collapse.

Topical issues on reducing the danger of an avalanche-like collapse of the roofs in the industrial building are considered. The causes of emergency situations and measures of its prevention are indicated.

Nowadays, there are many buildings in Ukraine erected from the early 20th-century until 2006 (the year when the DBN B.1.2-2: 2006 was released). These buildings have unacceptable structural schemes, snow load schemes and coefficients that are not considered in DBN.

Obviously, the owners do not want to demolish these buildings, so that the designer is obliged to eliminate the inconsistencies found during the examination of the building structures.

In particular, it is necessary to design the new or strengthen existing structural elements in accordance with the requirements of the relevant building codes in Ukraine if they are available of course.

The current article mentions that not all cases are considered in DBN. Therefore, it is necessary to consider other schemes of snow loads and the corresponding factors, which will be prescribed for existing reconstructed buildings at the legislative level.

Keywords: DBN; snow loads; roof collapse; reconstruction; reinforcement of structures; snow load transition coefficient.