



ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОКРЫТИЙ

В. А. Мазур

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 286123.
E-mail: mazur241103@gmail.com*

Получена 17 октября 2019; принята 22 ноября 2019.

Аннотация. Уникальность зданий и сооружений с пространственными криволинейными покрытиями предопределяет повышенные требования к надежности их кровельных систем. В практике отечественного проектирования отсутствуют не только рекомендации, но и нормативная база, учитывающие влияние геометрических параметров пространственных криволинейных покрытий и особенности эксплуатации (ветровых и снеговых нагрузок, инсоляции, внутренние условия эксплуатации) на надежность кровельных систем подобных зданий и сооружений, в том числе на условия тепло- и массопереноса в теплоизоляционном слое. В статье выполнены анализ и классификация факторов, влияющих на формирование надежного конструктивно-технологического решения кровельных систем пространственных криволинейных покрытий на всех стадиях жизненного цикла. Обоснована необходимость дальнейших исследований, направленных на создание методики, учитывающей взаимное одновременное влияние разных факторов на конкретную кровельную систему в определенных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: кровельные системы, пространственные криволинейные покрытия, надежность конструктивного решения.

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ ПОКРІВЕЛЬНИХ СИСТЕМ ПРОСТОРОВИХ КРИВОЛІНІЙНИХ ПОКРИТТІВ

В. О. Мазур

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 286123.
E-mail: mazur241103@gmail.com*

Отримана 17 жовтня 2019; прийнята 22 листопада 2019.

Анотація. Унікальність будівель і споруд з просторовими криволінійними покриттями зумовлює підвищені вимоги до надійності їх покрівельних систем. У практиці вітчизняного проектування відсутні не тільки рекомендації, але і нормативна база, що враховують вплив геометричних параметрів просторових криволінійних покриттів і особливості експлуатації (вітрових і снігових навантажень, інсоляції, внутрішні умови експлуатації) на надійність покрівельних систем подібних будівель і споруд, у тому числі на умови тепло- і масопереносу в теплоізоляційному шарі. У статті здійснено аналіз і класифікацію факторів, що впливають на формування надійного конструктивно-технологічного рішення покрівельних систем просторових криволінійних покриттів на всіх стадіях життєвого циклу. Обґрунтовано необхідність подальших досліджень, спрямованих на створення методики, що враховує взаємний одночасний вплив різних факторів на конкретну покрівельну систему в певних умовах експлуатації.

Ключові слова: покрівельні системи, просторові криволінійні покриття, надійність конструктивного рішення.

FACTORS AFFECTING THE RELIABILITY OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR ROOF SYSTEMS OF SPATIAL CURVED COATINGS

Viktoriia Mazur

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavin Str., Makeevka, DPR, 83123.

E-mail: mazur241103@gmail.com

Received 17 Oktober 2019; accepted 22 November 2019.

Abstract. The uniqueness of buildings and structures with spatial curvilinear coatings predetermines is determined by increased requirements for the reliability of their roofing systems. There are no recommendations and a regulatory framework in the practice of domestic design, that would take into account the influence of the geometric parameters of spatial curvilinear coatings and operating features (wind and snow loads, insolation, internal operating conditions) on the reliability of roofing systems of similar buildings and structures, including the conditions of heat and mass transfer in the insulating layer. The article analyzes and classifies the factors affecting the formation of a reliable structural and technological solution of roofing systems of spatial curvilinear coatings at all stages of the life cycle. The necessity of further research aimed at creating a methodology that takes into account the simultaneous influence of different factors on a particular roofing system in certain operating conditions is substantiated.

Keywords: roofing systems, spatial curvilinear coatings, reliability of a structural solution.

Актуальность

Современные тенденции использования пространственных криволинейных покрытий при проектировании и возведении зданий и сооружений, в том числе и большепролетных, вызваны многообразием форм, архитектурно-конструктивных решений и материалов для их воплощения, а также широкой областью их применения (как для зданий промышленного, сельскохозяйственного и складского назначения, так и для гражданских общественных зданий и сооружений). Уникальность подобных зданий предопределяет повышенные требования не только к несущим конструкциям, но и к кровельным системам в целом.

В разные годы проблемами совершенствования конструктивно-технологических решений кровельных покрытий и методов производства ремонтно-строительных кровельных работ в нашей

стране и за рубежом занимались В. Б. Белевич, Н. Н. Завражин, А. Л. Жолобов, О. О. Литвинов, А. И. Менейлок, М. В. Панасюк, М. И. Поваляев, В. И. Теличенко, Eberhard Schunck, Heino Engel, Erich Schild и др. Большинство ученых сходятся во мнении, что для всех видов кровельных систем процесс их устройства должен быть максимально простым и включать минимально возможное количество этапов [8, 12–15]. Но в основном все работы в большей степени связаны с совершенствованием технологии производства работ кровель прямолинейного очертания, а вопросы проектирования и устройства надежных кровельных систем пространственных криволинейных покрытий изучены в меньшей степени [9, 11].

В практике отечественного проектирования отсутствуют не только методические рекомендации, но и нормативная база, учитывающие

влияние геометрических параметров пространственных криволинейных покрытий и особенности эксплуатации (ветровых и снеговых нагрузок, инсоляции, внутренних условий эксплуатации) на надежность кровельных систем подобных зданий и сооружений, в том числе на условия тепло- и массопереноса в теплоизоляционном слое.

Исследованию вопросов температурно-влажностного режима наружных ограждающих конструкций, а также повышению теплозащитных свойств ограждающих конструкций посвящены работы А. И. Ананьева, В. Н. Богословского, В. Г. Гагарина, П. В. Монастырева, В. П. Хоменко, Г. Г. Фаренюка, К. Ф. Фокина, Е. Шильда, И. Л. Шубина и других ученых.

Необходимо отметить, что в основном труды посвящены вентилируемым фасадам зданий с прямоугольной формой, а исследование температурно-влажностного режима утепленных кровель отражено в меньшей степени [7]. Известно, что интенсивность отвода влаги и паров зависит от высоты и ширины зазора, температуры и скорости воздуха в зазоре, от площади вентиляционных отверстий создаваемых разности давлений внизу и вверху фасада [5]. Ширина зазора определяется скоростью движения воздуха в нем. Вследствие множества проведенных авторами опытов и расчетов выявлено, что оптимальной скоростью движения воздуха в вентиляционном зазоре является скорость в диапазоне 0,4–0,6 м/с. Однако геометрия криволинейных покрытий предопределяет прохождение воздушного потока как криволинейное движение, представляющееся в виде совокупности движения по дугам разной окружности и наклона, поэтому необходимо дополнительное изучение влияния этих параметров.

Кроме того, проектными организациями закладывается теоретический срок эксплуатации отдельных составляющих элементов, а не кровельной системы в целом, который на практике оказывается значительно ниже.

Цель

Анализ и классификация факторов, влияющих на формирование надежного конструктивно-технологического решения кровельных систем пространственных криволинейных покрытий.

Основной материал

Кровельная система – это сложная многоэлементная конструкция, обеспечивающая не только основные гидро- и теплоизоляционную защиту зданий и сооружений, но и придающая им архитектурную и эстетическую выразительность. Надежность кровельной системы – это характеристика комплекса конструкций, определяющая способность выполнять заданные конструктивные (прочность, жесткость и несущую способность), эксплуатационные (гидро-, теплозащиту) и декоративные функции в течение нормативного срока эксплуатации с требуемым качеством для обеспечения надежности всего здания в целом. Понятие надежности кровельной



Рисунок 1. Концепция надёжности кровельной системы.

системы включает в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохранность всего комплекса конструкций [1].

Надежность каждой кровельной системы характеризуется тремя стадиями жизненного цикла: проектированием, устройством и эксплуатацией (рис. 1).

Уже на стадии проектирования закладываются основы надежности кровельной системы: выбор архитектурной концепции здания или сооружения влечет за собой выбор архитектурно-конструктивного решения здания, от которого зависят основные параметры кровли: форма, уклон и размеры в плане.

Непосредственно от параметров кровли зависит не только состав кровли (а значит материалоемкость выбранного решения), но и технология производства работ (выбор средств механизации, подмачивания и такелажных приспособлений и т. д.), то есть стадия устройства кровельных систем.

Функционирование кровельной системы подразумевает надежность конструкций и зависит от множества факторов, которые необходимо учитывать не только на стадии проектирования и устройства, но и на стадии активной эксплуатации. Поэтому необходимо уделять особое внимание ремонтпригодности и долго-

вечности кровельных систем еще на стадии выбора конструктивно-технологического решения конструкции, а на стадии эксплуатации здания следить за их сохранностью.

Существующие классификации факторов, влияющих на надежность кровельной системы [2–4, 6], в основном отражают влияние конструктивного решения на выбор технологии производства работ для кровель с прямолинейным очертанием в плане. При проектировании кровельных систем пространственных криволинейных покрытий необходимо применять комплексный подход, учитывающий не только влияние отдельных факторов на всех стадиях жизненного цикла здания или сооружения, но и их взаимовлияние и различные сочетания (рис. 2).

Основным архитектурно-конструктивным фактором, влияющим на надежность кровельной системы, являются параметры кровли – такие взаимозависимые характеристики, как геометрическая форма, уклон и размеры кровельного покрытия [10]. Геометрическая форма, уклон и размеры кровельного покрытия зависят от назначения (технологического процесса) и размеров здания и непосредственно влияют на состав кровельной системы. Кроме того, уклон плоскости покрытия может изменяться как в одной плоскости (оболочки одинарной кривизны –



Рисунок 2. Факторы, влияющие на надежность кровельных систем пространственных криволинейных покрытий.

арки, цилиндрические своды, оболочки), так и в нескольких плоскостях (оболочки двойкой кривизны – бочарные своды, также купола, зонтичные и шатровые оболочки, гипары) [8, 10, 16].

Выбор конструктивно-технологического решения кровельной системы зависит также от материала несущих конструкций покрытия (монолитный и сборный железобетон, металлические и деревянные конструкции, комбинированные системы), необходимости утепления покрытия и расположения воронок внутреннего водостока. Как правило, на пространственных криволинейных покрытиях выполняют так называемые «плоские кровли», которые можно условно разделить на «мягкие», выполненные из многослойных рулонных материалов, полимерных мембран, мастик, и «жесткие», выполненные из листовых металлических материалов (фальцевые кровли, штучных объемных или плоских металлических черепиц или полимерно-битумных материалов (битумная черепица). Классический вариант устройства подобных кровель осуществляется в следующей последовательности: по несущему основанию укладываются слой пароизоляции, теплоизоляционный материал (чаще плитный) и при необходимости выполняется стяжка (монолитная или сборная). После этого выполняется гидроизоляционный слой [12–15].

В отличие от кровель с прямолинейным очертанием в плане для зданий и сооружений с пространственными криволинейными покрытиями на стадии проектирования кровельных систем необходимо прогнозировать и учитывать влияние возникающих силовых напряжений в несущих конструкциях на целостность кровельной системы. Криволинейное пространственное покрытие считается статической системой, но, как показывает опыт эксплуатации подобных объектов, под действием ветровых и снеговых нагрузок и вследствие частичной просадки грунтов появляются дополнительные и местные напряжения как в самих конструкциях, так и в узлах, вызывающие подвижность, деформации и потерю устойчивости несущих конструкций покрытия, а значит и повреждения самих кровельных систем. При эксплуатации пространственных криволинейных покрытий в зимнее время характерно сползание снега и наледи в пониженные зоны, что приводит не только к

повышенным нагрузкам на кровельную систему и покрытие в целом в этих зонах, но и к невозможности нормальной эксплуатации водосточной системы.

К внешним факторам, влияющим на надежность кровельной системы зданий и сооружений, можно отнести природно-климатические (снеговые, ветровые, инсоляционный режим) и территориальные (рельеф, сейсмичность, плотность застройки) факторы. Все перечисленные факторы учитываются при проектировании непосредственно несущих конструкций криволинейных покрытий [11], а их влияние непосредственно на кровельную систему практически не рассматривается на стадии проектирования. Например, сейсмичность или наличие подработок должны предопределять не только особенности конструктивного решения основных несущих конструкций, но и расположение и количество деформационных и демпферных (компенсационных) швов в конструкции кровли.

Кроме учета основных физико-механических свойств отдельных элементов кровельной системы, необходимо учитывать их совместимость по химическому составу, стремиться к подбору материалов с приблизительно равным сроком службы [12, 13], использовать ремонтно-пригодные материалы.

К внутренним факторам относятся условия эксплуатации объекта (температура и влажность внутри помещения) и технологические процессы, предопределяющие агрессивность внутренней среды и наличие вибрационных воздействий на конструкции. Традиционно условия эксплуатации здания или сооружения учитываются на стадии проектирования при определении материала теплоизоляционного слоя, его толщины и необходимости выполнения осушающей вентиляции. Влияние вибрационных нагрузок (усадка теплоизоляционных материалов) и агрессивности внутренней среды (деструкция материалов) в процессе эксплуатации на надежность кровельных систем практически не учитывается, хотя они значительно ухудшают качество и надежность кровельных систем.

С учетом надежности кровельной системы, помимо основных архитектурно-конструктивных и организационно-технологических

факторов, необходимо учитывать систему эксплуатации. Уникальность зданий и сооружений с пространственными криволинейными покрытиями предполагает особенности системы их техобслуживания и ремонта, при которой особое внимание и первоочередность ремонта обычно уделяется несущим конструкциям и гидроизоляционному слою покрытия, а состояние кровельной системы как целостной конструкции практически не рассматривается [15, 17]. На стадии эксплуатации всегда дополнительно возникает проблема изоляции узлов и деталей сопряжений кровельной системы и несущих конструкций или инженерных сетей.

Литература

- ГОСТ 27751-2014 Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения [Текст]. – Введен впервые; введ. 2015-07-01 / ОАО «НИЦ «Строительство», ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2014. – 23 с.
- ДБН В.2.6-220:2017 Покрыття будівель і споруд [Текст]. – Замість ДБН В.2.6-14-97; надано чинності 2017-06-06. – К.: Мінбуд України, 2017. – 46 с.
- СНиП РК 3.02-08-2001 Крыши и кровли [Текст]. – Аутентичный текст СНиП РК В. 2.6.8-97 «Крыши и кровли» на русском языке; введ. 2002-03-01. – KAZGOR: МЭиТ РК, 2002. – 45 с.
- СП 17.13330.2017 Кровли [Текст]. – Актуализированная редакция СНиП II-26-76; введ. 2017-12-01. – М.: АО «ЦНИИПромзданий», 2017. – 51 с.
- СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий [Текст]. – Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003; введ. 2013-07-01. – М.: НИИСФ РААСН, 2012. – 95 с.
- ТКП 45-5.08-277-2013 (02250) Кровли. Строительные нормы проектирования и правила устройства [Текст]. – Введен впервые (с отменой СНБ 5.08.01-2000); введ. 2013-04-10 / РУП «Стройтехнорм», техническим комитетом по стандартизации в области архитектуры и строительства «Производство работ». – Минск: Мин-во арх-ры и стр-ва Республики Беларусь, 2013. – 30 с.
- Гагарин, В. Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий [Текст]: дис. д-ра техн. наук: 05.23.01, 05.23.03 / Гагарин Владимир Геннадьевич. – М., 2000. – 396 с.
- Еремеев, П. Г. Современные стальные конструкции большепролетных покрытий уникальных

Вывод

В существующей практике проектирования кровельных систем влияние факторов учитывается как сумма отдельных элементов без учета их взаимного одновременного влияния на конкретную кровельную систему в определенных условиях эксплуатации, что приводит к ускоренному отказу кровельной системы. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, направленные на повышение надежности конструктивно-технологических решений кровельных систем пространственных криволинейных покрытий на всех стадиях их жизненного цикла с учетом одновременного влияния разных факторов.

References

- GOST 27751-2014 Interstate standard. Reliability of building structures and foundations. The main provisions [Text]. M.: TSNIISK them. V. A. Kucherenko, 2014. 23 p. (in Russian)
- DBN B.2.6-220: 2017 State building codes. Covering of buildings and structures [Text]. K.: Ministry of Construction of Ukraine, 2017. 46 p. (in Ukrainian)
- SNiP RK 3.02-08-2001 Roofs and coatings. – Authentic text of SNiP RK V. 2.6.8-97 «Roofs and Roofs» in Russian [Text]. KAZGOR: ME&T RK, 2002. 45 p. (in Russian)
- SP 17.13330.2017 Roofs. Updated version of SNiP II-26-76 [Text]. M.: TSNIIPromzdaniy JSC, 2017. 51 p. (in Russian)
- SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings [Text]. – Updated version of SNiP 23-02-2003. M.: NIISF RAASN, 2012. 95 p. (in Russian)
- TKP 45-5.08-277-2013 (02250) Roofs. Building design standards and device rules [Text]. Minsk: Ministry of Architecture and Building of the Republic of Belarus, 2013. 30 p. (in Russian)
- Gagarin, V. G. The theory of the state and transfer of moisture in building materials and the heat-shielding properties of building envelopes: D.Sc. in Engineering Thesis [Text]. M., 2000. 396 p. (in Russian)
- Yeremeyev, P. G. Modern steel structures for large-span coatings of unique buildings and structures [Text]: monograph. – M.: Publishing house of the DIA, 2009. 336 p., 161 ill. (in Russian)
- Zholobov, A. L. Formation of competitive multi-criteria optimized technological solutions for the repair of multilayer roofs of buildings [Text]: D.Sc. in Engineering Thesis. Rostov-On-Don, 2007. 38 p. (in Russian)

- зданий и сооружений [Текст] : монография / П. Г. Еремеев. – М. : Изд-во АСВ, 2009 – 336 с.
9. Жолобов, А. Л. Формирование конкурентоспособных многокритериально оптимизированных технологических решений по ремонту многослойных кровель зданий [Текст] : дис. д-ра техн. наук : 05.23.08 / Жолобов Александр Леонидович. – Ростов-на-Дону, 2007. – 38 с.
 10. Лебедева, Н. В. Фермы, арки, тонкостенные пространственные конструкции [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Лебедева. - М. : «Архитектура-С». 2006. – 120 с., ил.
 11. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения [Текст] / В. Н. Гордеев, А. И. Лантух-Лященко, В. А. Пашинский, А. В. Перельмутер и др. ; под общей редакцией А. В. Перельмутера. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. – 482 с.
 12. Панасюк, М. В. Кровельные материалы. Практическое руководство. Характеристики и технологии монтажа новых и новейших гидроизоляционных, теплоизоляционных, пароизоляционных материалов [Текст] / М. В. Панасюк. – Ростов н/Д. : Феникс, 2008. – 448 с., с ил.
 13. Современные технологии устройства кровель [Текст] / А. И. Менеялюк, Л. Э. Лукашенко, Э. И. Козлюк, В. И. Москаленко и др. ; под редакцией А. И. Менеялюка. – Харьков : ООО «ЭДЭНА» 2006. – 288 с.
 14. Bauschäden Verhütungim Wohnungsbau. Schwachstellen. Schaden, Ursachen, Konstruktion und Ausführung Empfehlungen. Band 1. Flachdächer. Dachterrassen. Balkone [Text] / Erich Schild, Rainer Oswald, Dietmar Rogier, Hans Schweikert. – Bauverlag GMBH : Wiesbaden und Berlin, 1980. – 192 s.
 15. Flat Roof Construction Manual / Sedlbauer Klaus, Schunck Eberhard, Barthel Rainer, Kü nzel Hartwig M. – Basel : Birkhäuser Verlag, 2010. – 208 s.
 16. Engel, Heino. Atlante delle structure [Text] / Heino Engel, Hatje Cartz Verlag-Stuttgart. – [N. c.] : Unione Tipografico-Editrice Torinese, 2001. – 350 p.
 17. Roof Construction Manual. Pitched Roof [Text] / Eberhard Schunck, Hans Jochen Oster, Rainer Barthel, Kurt Kiessel. – [N. c.] : Princeton Architectural Press, 2003. – 448 p.
 10. Lebedeva, N. V. Farms, arches, thin-walled spatial structures [Text] : textbook. M. : «Architecture-S», 2006. 120 p. (in Russian)
 11. Gordeyev, V. N.; Lantukh-Lyashchenko, A. I.; Pashinsky, V. A.; Perelmuter, A. V. [et al]. Loads and effects on buildings and structures; Under the general editorship of A. V. Perelmuter [Text]. M. : Publishing house of the Association of construction universities, 2007. 482 p. (in Russian)
 12. Panasyuk, M. V. Roofing materials. A practical guide. Characteristics and installation technologies of new and latest waterproofing, heat-insulating, vapor barrier materials [Text]. Rostov n / D : Phoenix, 2008. 448 p. (in Russian)
 13. Menelyuk, A. I.; Lukashenko, L. E.; Kozlyuk, E. I.; Moskalenko, V. I. [et. al.]. Modern technologies for roofing [Text]. Kharkov : LLC «EDENA», 2006. 288 p. (in Russian)
 14. Schild, Erich; Oswald, Rainer; Rogier, Dietmar; Schweikert, Hans. Construction damage prevention in residential construction. Vulnerabilities. Damage, causes, construction and execution recommendations. Volume 1. Flat roofs. Roof terraces. Balconies [Text]. Bauverlag GMBH : Wiesbaden und Berlin, 1980. 192 p. (in German)
 15. Sedlbauer, Klaus; Schunck, Eberhard; Barthel, Rainer; Kü nzel Hartwig M. Flat Roof Construction Manual [Text]. Basel : Birkhäuser Verlag, 2010. 208 p. (in German)
 16. Engel, Heino; Verlag-Stuttgart, Hatje Cartz. Atlante delle structure [Text]. [S. l.] : Unione Tipografico-Editrice Torinese, 2001. 350 p. (in Italian)
 17. Schunck, Eberhard; Oster, Hans Jochen; Barthel, Rainer; Kiessel, Kurt. Roof Construction Manual. Pitched Roof [Text]. [S. l.] : Princeton Architectural Press, 2003. 448 p. (in English)

Мазур Виктория Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование конструктивно-технологических решений по устройству и капитальному ремонту ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Мазур Вікторія Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації в будівництві ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення конструктивно-технологічних рішень по влаштуванню і капітальному ремонту огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

Mazur Victoriia – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of structural and technological solutions for the arrangement and overhaul of building envelopes of buildings and structures.