

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

РАДКЕВИЧ А.В.^{1*}, *д.т.н, проф.*,
ХУДЕНКО В.Ф.², *к.т.н., доцент*,
ГЛУЩЕНКО В.М.³, *аспирант*

^{1*} Кафедра строительного производства и геодезии, Государственное высшее учебное заведение "Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна", ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 373-15-85, e-mail: KVP@DSST.gov.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

² Кафедра управления проектами, зданий и строительных материалов, Государственное высшее учебное заведение "Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна", ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 373-15-46, e-mail: valhood53@gmail.com, ORCID 0000-0002-6846-9601

³ Кафедра строительного производства и геодезии, Государственное высшее учебное заведение "Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна", ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 373-15-85, e-mail: vira.glushenko.ua@gmail.com, ORCID 0000-0002-2608-9782

Аннотация. *Цель.* Тенденция роста цен на природные ресурсы способствует уделению большего внимания на проблемы энергетической эффективности зданий и сооружений, их надежности и экологической безопасности для окружающей среды. В данной работе проводится поиск новых более совершенных методов подбора рационального варианта кровельных систем, которые учитывают комплекс воздействий на них, последствия, возникающие от воздействий, и отвечают современным требованиям энергетической эффективности, надежности и экологической безопасности. *Методика.* Исследование базируется на методах научного анализа и синтеза. *Результаты.* Проведенный анализ существующих кровельных систем, используемых современных материалов и технологий, а также выделенный в работе комплекс действующих на кровельные системы воздействий, их возможные комбинации, а также последствия к которым они приводят, позволил уточнить требования, которые обеспечивают организационно-технологическую надежность, что в свою очередь приведет к повышению энергетической эффективности зданий. *Научная новизна.* Определена необходимость обеспечения организационно-технологической надежности кровельной системы, что является первоочередной задачей в повышении энергоэффективности и экологической безопасности этой системы. Предложенные в статье конструктивно-технологические схемы отображают воздействия на кровельную систему. Выделены последствия, к которым приводят различные комбинации воздействий и определены требования, которым кровельная система должна отвечать. Проанализирована зависимость надежности кровельной системы от воздействий, которым она подвергается. Разработана концепция нового подхода к выбору рационального варианта кровельных систем. *Практическая значимость.* Возможность использования компьютерных технологий при выборе рационального варианта кровельной системы позволит упростить проектирование, подбор материалов и организационно-технологических решений, обосновать стоимость и сроки выполнения работ, обеспечить организационно-технологическую надежность этой системы с учетом возникновения различных дестабилизирующих факторов. Это приведет к значительному улучшению качества возводимых кровельных систем, их надежной продолжительной службе, целесообразной экономии средств на устройство и дальнейшую эксплуатацию.

Ключевые слова: энергоэффективность зданий; организационно-технологическая надежность кровельной системы; воздействия; последствия; требования

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ПОКРІВЕЛЬНИХ СИСТЕМ

РАДКЕВИЧ А.В.^{1*}, *д.т.н, проф.*,
ХУДЕНКО В.Ф.², *к.т.н., доцент*,
ГЛУЩЕНКО В.М.³, *аспірант*

^{1*} Кафедра будівельного виробництва та геодезії, Державний вищий навчальний заклад "Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна", вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 373-15-85, e-mail: KVP@DSST.gov.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

² Кафедра управління проектами, будівель та будівельних матеріалів, Державний вищий навчальний заклад "Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна", вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 373-15-46, e-mail: valhood53@gmail.com, ORCID 0000-0002-6846-9601
³ Кафедра будівельного виробництва та геодезії, Державний вищий навчальний заклад "Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна", вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 373-15-85, e-mail: vira.glushenko.ua@gmail.com, ORCID 0000-0002-2608-9782

Анотація. *Ціль.* Тенденція зростання цін на природні ресурси сприяє приділенню більшої уваги на проблеми енергетичної ефективності будівель та споруд, їх надійності та екологічної безпеки для навколишнього середовища. В даній роботі проводиться пошук нових більш досконалих методів підбору раціонального варіанту покрівельних систем, які враховують комплекс впливів на них, наслідки, виникаючі від впливів, та відповідають сучасним вимогам енергетичної ефективності, надійності та екологічної безпеки. *Методика.* Дослідження базується на методах наукового аналізу і синтезу. *Результати.* Проведений аналіз існуючих покрівельних систем, використовуваних сучасних матеріалів та технологій, а також виділений в роботі комплекс діючих на покрівельні системи впливів, їх можливі комбінації, а також наслідки до яких вони приводять, дозволив уточнити вимоги, які забезпечують організаційно-технологічну надійність, що в свою чергу приведе до підвищення енергетичної ефективності будівель. *Наукова новизна.* Визначена необхідність забезпечення організаційно-технологічної надійності покрівельної системи, що є першочерговою задачею у підвищенні енергоефективності та екологічної безпеки цієї системи. Запропоновані у статті конструктивно-технологічні схеми відображають вплив на покрівельну систему. Виділені наслідки, до яких призводять різні комбінації впливів та визначені вимоги, яким покрівельна система має відповідати. Проаналізована залежність надійності покрівельної системи від впливів, яким вона піддається. Розроблено концепція нового підходу до вибору раціонального варіанту покрівельних систем. *Практична значимість.* Можливість застосування комп'ютерних технологій у виборі раціонального варіанту покрівельної системи дозволить спростити проектування, підбір матеріалів та організаційно-технологічних рішень, обґрунтувати вартість та терміни виконання робіт, забезпечити організаційно-технологічну надійність цієї системи з урахуванням виникнення різноманітних дестабілізуючих факторів. Це призведе до значних покращень у якості покрівельних систем, що монтуються, їх надійній та тривалій службі, доцільній економії коштів на устрій та подальшу експлуатацію.

Ключові слова: енергоефективність споруд; організаційно-технологічна надійність покрівельної системи; впливи; наслідки; вимоги.

INCREASING OF CONSTRUCTIONS ENERGY EFFICIENCY BY ROOFING SYSTEMS ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY PROVIDING

A. V. RADKEYVCH^{1*}, *Prof. Dr.-Ing.*
V. F. KHUDENKO^{2*}, *Candidate of Engineering Sciences, A.P.*
V. M. GLUSHENKO^{3*}, *Ph.D. Student*

^{1*} Dep. «Construction Operations and Geodesy», State Higher Educational Institution, Academician V. Lazaryan Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 2 Lazaryan St., Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 85, e-mail KVP@DSST.gov.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

^{2*} Dep. «Projects Management, Buildings and Engineering Materials», State Higher Educational Institution, Academician V. Lazaryan Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 2 Lazaryan St., Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 46, e-mail valhood53@gmail.com, ORCID 0000-0002-6846-9601

^{3*} Dep. «Construction Operations and Geodesy», State Higher Educational Institution, Academician V. Lazaryan Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 2 Lazaryan St., Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 85, e-mail vira.glushenko.ua@gmail.com, ORCID 0000-0002-2608-9782

Annotation. Goal. The tendency of the price for natural resources growth promotes more detailed consideration of the problems of buildings and constructions energy efficiency, their reliability and ecological safety. In this article a search for superior methods of choosing a rational variant of roofing systems considering complex influence upon them, influence consequences meeting modern energy efficiency, reliability and ecological safety requirements. **Methodology.** The research is based on scientific analysis and synthesis methods. **Results.** The existing roofing systems analysis, modern materials and technologies applied and also a variety of influences upon roofing systems determined, their possible combinations and also consequences they lead to, made it possible to specify the requirements providing organizational and technological reliability that in its turn results in buildings energy efficiency increasing. **Scientific novelty.** The necessity of organizational and technological reliability providing is specified which is a primary target in improving energy efficiency and ecological safety of the system. The construction and technological schemes suggested in the article reflect the influence upon roofing system. The consequences which are various influence combinations lead to and the requirements a roofing system is to meet are specified. The dependence of roofing system reliability from influences it is exposed to is analyzed. A conception of new approach towards the rational variant of roofing system choice is worked out. **Practical relevance.** The possibility of

computer technology in rational variant of roofing system choice application will ease engineering, material and organization and technological solutions selection, explain cost and term of the work, provide organizational and technological reliability of this system taking into account various destabilizing factors. This leads to significant improvement of quality of roofing systems constructed, their reliable and durable service, reasonable cost cutting for their construction and further exploitation.

Key words: buildings energy efficiency; roofing system organizational and technological reliability, influence, consequences, requirements.

Введение

На сегодняшний день, в связи с постоянным ростом цен на природные ресурсы, весь мир уделяет большое внимание энергетической эффективности зданий и сооружений, не забывая при этом об их надежности и экологической безопасности для окружающей среды.

Рассматривая здание в целом, нужно отметить, что с точки зрения энергоэффективности, через поверхность кровельных систем происходят наиболее значимые теплопотери, которые могут достигать 40% [8]. Для предотвращения этого, на этапе проектирования кровельной системы необходимо учесть изменения показателей в процессе строительства, реконструкции или ремонта, эксплуатации этой системы, обеспечивая ее организационно-технологическую надежность.

Для этого необходимо оценить все характеристики каждого из слоев системы отдельно и в целом, так как несоответствие требованиям хотя бы одного из слоев повлияют на надежность кровельной системы (характеристики одного слоя могут влиять на характеристики другого) [7].

Экологическая безопасность обеспечивается использованием качественных невредных материалов, а также правильной эксплуатацией выполненной кровельной системы.

Необходимо понимать, что ремонт кровельной системы значительно превышает ее устройство с «нуля» [8]. Поэтому нужно стремиться к увеличению безремонтного срока службы кровельной системы и уменьшению эксплуатационных затрат.

Цель

Целью данной работы является поиск новых более совершенных методов подбора рационального варианта кровельных систем, которые учитывают комплекс воздействий на них, последствия, возникающие от воздействий, и отвечают современным требованиям энергетической эффективности, надежности и экологической безопасности с учетом сроков и стоимости выполнения кровельных работ.

Методика

Данное исследование базируется на методах научного анализа и синтеза.

Результаты

Для решения поставленной задачи выделим все воздействия [3, 7, 9, 10 – 14], которым подвергается кровельная система в процессе строительства, ремонта или реконструкции и эксплуатации и представим их в виде системы простейших воздействий. Такая схематизация справедлива, если последствия выделенных воздействий будут соответствовать последствиям, которые возникают в реальных условиях. Необходимо максимально точно воспроизвести работу кровельной системы, чтобы модель и полученные результаты были достоверны. С целью формализации этой задачи с последующей возможностью ее математического моделирования классифицируем все воздействия, которые воспринимаются кровельной системой:

- воздействия, возникающие в процессе выполнения строительных (кровельных) работ;
- воздействия, вытекающие из природно-климатических условий;
- воздействия, определяемые местом рассматриваемого слоя или участка в общей многослойной конструкции кровельной системы;
- воздействия, вызываемые условиями эксплуатации кровельной системы, в том числе людей и технологического оборудования.

Разделим воздействия на силовые и несиловые. К силовым отнесем: людей, автомобили, оборудование, снег, наледи, ветер, пыль, механическую уборку снега. К несиловым отнесем: знакопеременный температурный режим, увлажнение атмосферной влагой, облучение в ультрафиолетовом спектре, химические воздействия.

Воздействия могут быть однократными или многократными; накладываться или действовать отдельно друг от друга. В связи с этим необходимо не только максимально точно их выявить, но и обязательно проранжировать. Как показывает опыт строительства и эксплуатации кровельных систем все воздействия могут вызывать различные деформации в каждом слое и изменения физико-механических свойств их материалов. Последствия этих воздействий могут быть обратимыми и необратимыми (требующие текущего или капитального ремонта системы): увеличение затрат на отопление; протечка крыши; испорченная внутренняя отделка; сырость в доме, что способствует развитию плесени, грибка и других микроорганизмов; ухудшение санитарно-гигиенических показателей; повышение температуры внутри помещения в летний период, понижение – в зимний период; снижение морозостойкости; недостаточная звукоизоляция; сокращение срока службы кровельной системы; ее разрушение.

Рассмотрим воздействия и их последствия на примере нескольких вариантов кровельных систем. Для этого составим их конструктивно-технологические схемы. На схеме (рис. 1) видно, что снизу на кровельную систему воздействуют температура и влажность воздуха внутри помещения. Если имеет место разрыв, неправильная укладка или подбор (вид материала и его толщина) пароизоляционного слоя, это приведет к прониканию влаги в утеплитель, что в свою очередь негативно повлияет на его теплопроводные, прочностные и деформационные свойства. Излишняя влага в стяжке (при нарушении организационно-технологического процесса) также проникает в утеплитель, образуются пары, которые собираются под гидроизоляционным слоем, избыточное давление которых вызывает пузыри и разрушает гидроизоляционный материал.

При воздействии максимальной положительной температуры наружного воздуха, линейное удлинение стяжки значительно превышает удлинение гидроизоляционного слоя, что приводит к разрыву последнего.

Если, к примеру, укладку гидроизоляционного слоя выполняют не выдержав технологии устройства стяжки, это влечет за собой деформацию стяжки, которая, в свою очередь, приводит к растяжению и разрыву этого слоя.



Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема традиционного варианта – малоуклонной кровельной системы /

Structural and technological scheme of the traditional version – gentle slope roofing system

Кровельная система является сложной многослойной конструкцией, материалы которой имеют поры и капилляры, в которых может находиться влага в виде льда, жидкости, пара [3]. Эта влага приводит к разрушению гидроизоляционного и теплоизоляционного материалов в зимний период образованием льда, в летний период – значительным давлением пара.

Известным нарушением является неправильно выполненный уклонообразующий слой, который усложняет водоотведение, приводит к образованию луж после дождя. При механической уборке снега

зачастую нарушают целостность кровельного материала. Также опасными являются знакопеременные воздействия с образованием наледи, которые приводят к разрыву гидроизоляции.

Непредвиденные осадки при производстве кровельных работ приводят к замачиванию утеплителя. Уложенные снизу пароизоляция, а сверху гидроизоляция не дают накопленной влаге испариться и «консервируют» его, что вызывает процесс сорбции в этом слое. В этом случае утеплитель не работает, следовательно, и кровельная система в целом также. Следует отметить, что для улучшения состояния утеплителя, гидроизоляционный слой должен пропускать как можно больше водяного пара, а пароизоляционный – напротив, как можно меньше.

Для удаления влаги возникает необходимость устройства в толще кровельной системы вентиляционных продухов. Это решение приводит к незначительному повышению стоимости, но обеспечивает определенное улучшение состояния системы в целом [1, 4].

Конструктивно-технологическая схема вентилируемой кровельной системы, приведенная на рис. 2, имеет свои организационно-технологические особенности.

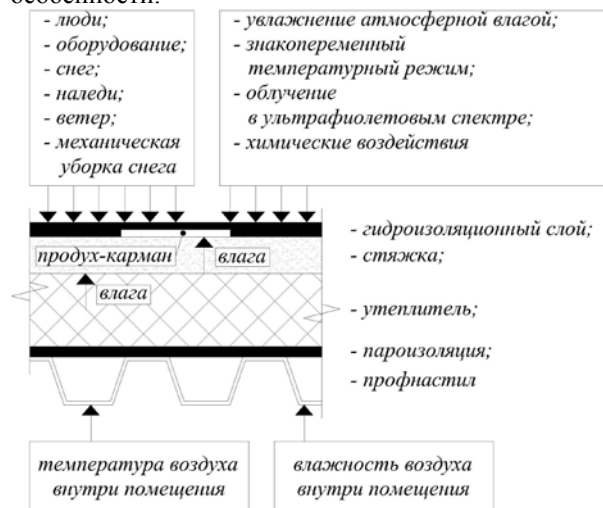


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема вентилируемой кровельной системы /
Structural and technological scheme of ventilated roofing system

При устройстве выше указанной системы исключается разрушение гидроизоляционного слоя от деформаций основания и над стыками. Использование вентилируемых продухов способствует удалению влаги из материала [1, 4]. Вентиляционные пазы могут быть устроены в теплоизоляционном слое при 2 и 3-слойных системах теплоизоляции. В данном случае необходимо исключить возможность контакта внутреннего воздуха со влажным наружным воздухом в вентиляционных пазах.

Рассмотрим конструктивно-технологическую схему кровельной системы с холодным чердаком, которая изображена на рис. 3. Здесь слои кровельной

системы разделены воздушной прослойкой – чердачным пространством, которое сообщается с наружным воздухом через отверстия в стенах; утеплитель укладывается сверху пароизоляции на чердачное перекрытие; гидроизоляция устраивается по стяжке по железобетонной плите. В этом случае целостность гидроизоляционного слоя зависит от качества устройства стяжки, как в первом варианте (рис. 1). Также имеет место подверженность слоя теплоизоляции воздействию влаги, особенно в месте примыкания к стенам, однако организационно-технологическая надежность такой системы будет гораздо выше.

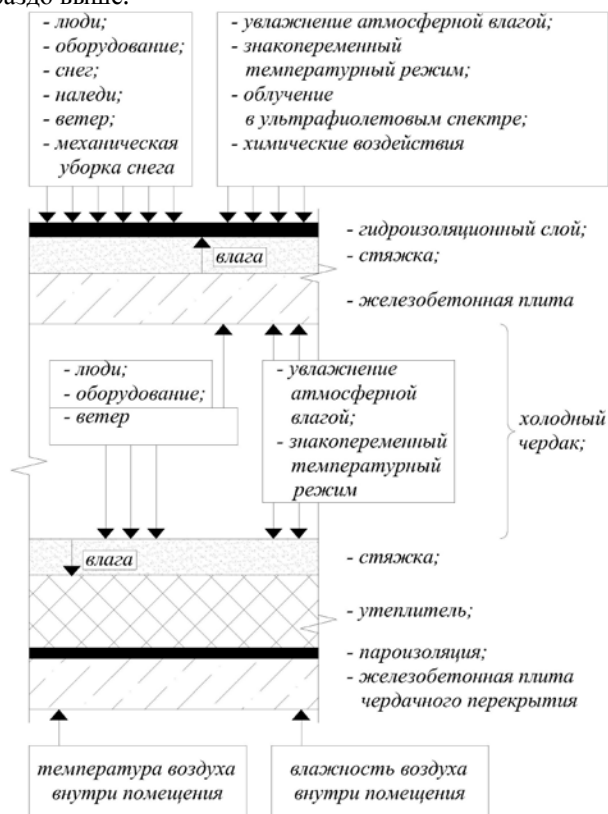


Рис. 3. Конструктивно-технологическая схема кровельной системы с холодным чердаком /
Structural and technological scheme of the roofing system with a cold attic

На конструктивно-технологической схеме кровельной системы с теплым чердаком (рис. 4) показаны слои в отличной последовательности от предыдущей схемы (рис. 3). А именно, расположение утеплителя сверху воздушной прослойки, соответственно, чердачное пространство – теплое. С одной стороны, этот вариант кровельной системы способствует уменьшению количества примыканий, с другой – излишней влаги в чердачном пространстве (в месте размещения вентиляционной шахты).

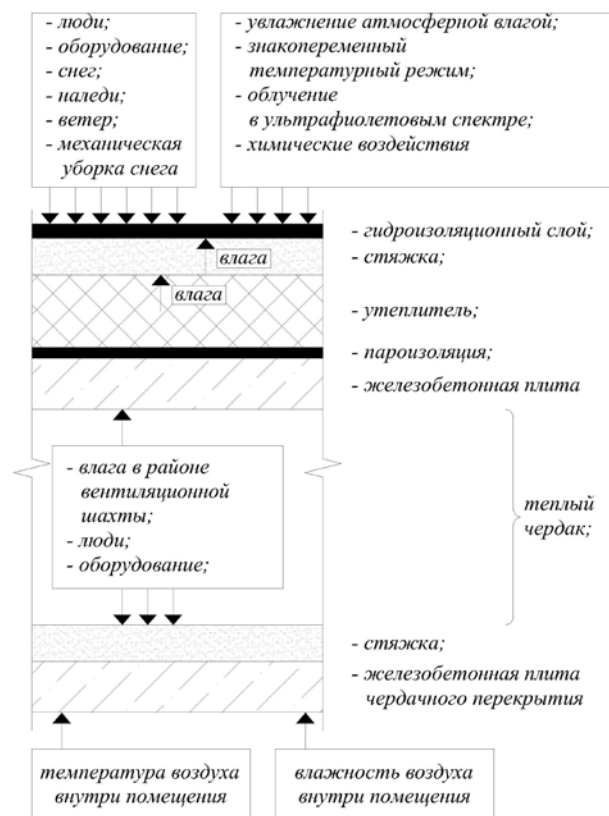


Рис. 4. Конструктивно-технологическая схема кровельной системы с теплым чердаком /
Structural and technological scheme of the roofing system with a warm attic

Совершенно иной вид системы, который хорошо зарекомендовал себя и активно используется за рубежом – инверсионная кровельная система. Ее конструктивно-технологическая схема изображена на рис. 5. Размещение гидроизоляции под слоями влагостойкого утеплителя, дренажа, геотекстиля и грунта создает благоприятные условия для гидроизоляционного материала, защищая его от снега, наледь, ветра, механических воздействий при уборке снега, а также от увлажнения атмосферной влагой, облучение ультрафиолетом, химических воздействий, которым подвергается верхний слой всех выше перечисленных вариантов кровельных систем. Помимо этого, эта система эффективно воздействует на микроклимат в помещении и окружающую среду, более 60% влаги возвращает в атмосферу, улучшает экологическую обстановку, отлично защищает от шума, создает рекреационную площадку [4].

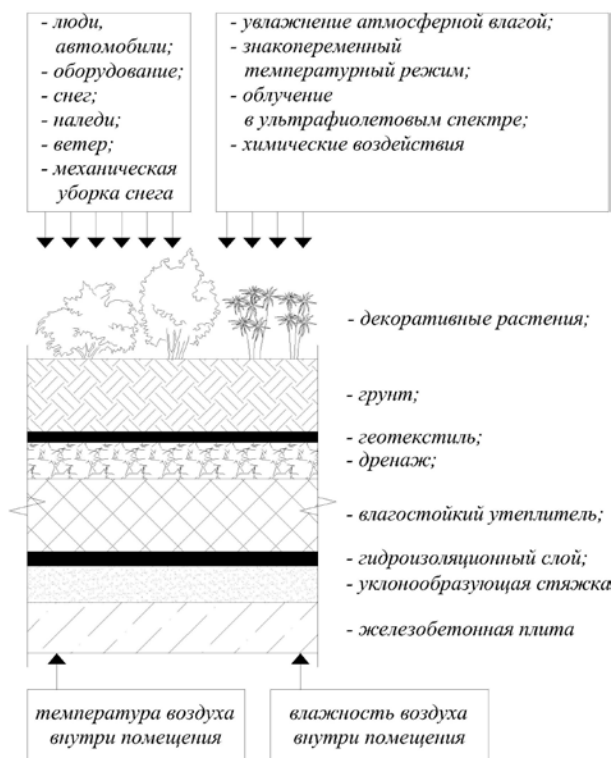


Рис. 5. Конструктивно-технологическая схема инверсионной кровельной системы /
Structural and technological scheme of inversion roofing system

Представленные выше конструктивно-технологические схемы являются малой частью существующего многообразия кровельных систем. Назовем это набором схем. К этому набору схем можно подобрать набор различных материалов для каждого слоя кровельного «пирога», а также его организационно-технологических решений. Это дает возможность рассмотрения различных вариантов по стоимостным показателям, а также по срокам выполнения работ.

Важной задачей является необходимость выявления всех возможных последствий, которые вызываются воздействиями, учитывая вероятность их возникновения, повторяемости и совпадения. Таким образом, мы можем установить требования, которым должны удовлетворять различные кровельные системы в целом и их конструктивные элементы в частности, и которые существенно будут влиять на надежность этих систем (сроки, качество, стоимость).

Определяя требования к кровельным системам, нужно выделить параметры кровельной системы [2, 6], к которым относятся: влагостойкость; термическое сопротивление; сопротивление паропроонианию; огнестойкость; экологическая чистота; стойкость к ультрафиолетовому облучению; стойкость к биологическому разложению; химическая стойкость; звукопоглощение; количество строительной влаги в процессе выполнения кровельных работ; количество конденсата в процессе эксплуатации; простота и удобство в применении;

масса конструкции; стоимость; сроки выполнения работ.

Выявив параметры воздействий и параметры последствий, которые они вызывают, установив параметры требований можно перейти к формированию целевой функции и созданию математической модели.

Научная новизна и практическая значимость

Определена необходимость обеспечения организационно-технологической надежности кровельной системы, что является первоочередной задачей в повышении энергоэффективности и экологической безопасности этой системы.

Предложенные в статье конструктивно-технологические схемы отображают воздействия на кровельную систему. Выделены последствия, к которым приводят эти воздействия и требования, которым кровельная система должна отвечать. Проанализирована зависимость надежности кровельной системы от воздействий, которым она подвергается. Разработана концепция нового подхода к выбору рационального варианта кровельной системы с характерными параметрами. Эта задача является многокритериальной и требует определения оптимального показателя эффективности [5, 6].

Выводы

В работе был проведен анализ существующих кровельных систем, воздействий на эти системы, последствий этих воздействий и выявлены требования, предъявляемые к системам.

Обоснована необходимость выявления всех параметров кровельных систем. Формализация и расчленение на ряд частных задач, которые рассматриваются в их логической последовательности, даст возможность составить и вычислить математическую модель с использованием ЭВМ.

Возможность использования компьютерных технологий при выборе рационального варианта кровельной системы позволит упростить проектирование, подбор материалов и организационно-технологических решений, обосновать стоимость и сроки выполнения работ, обеспечить организационно-технологическую надежность этой системы в условиях возникновения различных дестабилизирующих факторов. Это приведет к значительному улучшению качества возводимых кровельных систем, обеспечению их организационно-технологической надежности, что в свою очередь приведет к энергетической эффективности и экологической безопасности этих систем и зданий в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Абелешев, В. И. Анализ системы осушающей вентиляции теплоизоляционного слоя для совмещенных крыш зданий / В. И. Абелешев // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2014. – Вып. 9 (127). – С. 2-9.
Abeshelev V.I. Analiz Sistemy Osushaiuschei ventilatsii teploisoliatsionnogo sloia dlia sovmeschennykh krysh I zdaniy [Analysis of Dehumidifying Air Conditioning System of Thermal Insulating Layer for Combines Roofs and Housings] / V.I. Abeshelev // Energisberezheniye. Energetika. Energoaudit. [Energy Efficiency. Energetics. Energy Audit.] – 2014. – issue 9 (127). – pp. 2-9.
irbis-nbuv.gov.ua
2. ДБН В.2.6-97 Конструкції будинків і споруд. Покриття будинків і споруд. – Введ. 2007-08-13. – Київ : Держстандарт України, 1980. – 44 с.
DBN V.2.6-97 Konstruktsii budynkiv i sporud. Pokryttia budynkiv i sporud [Buildings and houses construction. Roofing of buildings and constructions]. Kyiv, Derzhstandart Ukrainy Publ., 1980. 44 p.
3. Карпов, Г. Н. Проблемы при устройстве рулонных кровель и их решение / Г. Н. Карпов // Вестник ОГУ. – Оренбург, 2006. Вып. 2. – С. 117-120.
Karpov G.N. Problemy pri ustroystve rulonnykh krovel I ikh reshenie [Problems of Roof Membrane Construction and Their Solution] / G.N. Karpov // Vestnik OGU – Orenburg, 2006. Issue 2. – pp. 117-120.
<http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-pri-ustroystve-rulonnyh-krovel-i-ih-reshenie>
4. Менейлюк, О. І. Сучасні технології в будівництві : підручн. для студ. вищ. навч. закладів / О. І. Менейлюк. – 3-є вид-ня, доп. і перероб. – Київ : Освіта України, 2011. – 534 с.
Meneiliuk O.I. Suchasni tekhnolohii v budivnytstvi [Modern Construction Technologies]. Kyiv, Ukrainian Education, 2011. 534 p.
5. Наукові основи вироблення рішень реалізації складних проектів : Монографія / А. В. Радкевич, В.Ф. Худенко, І.Д. Павлов, Ф.І. Павлов. – Дн-ськ. : Наука і освіта, 2008. – 248 с.
Naukovi osnovy vyroblennia rishen realizatsii skladnykh proektiv [Scientific Fundamentals of Solutions Development for Complex Projects Realization] : Monography / A.V. Radkevych, V.F. Khudenko, I.D. Pavlov, F.I. Pavlov – Dnipropetrovsk : Science and Education, 2008. – 248 p.
6. Побединский, В. В. Оптимальное проектирование кровельных конструкций / В. В. Побединский, С. Н. Шуняев // Компания КровТрейд. – Екатеринбург.
Pobedinskyi V.V. Optimalnoe proektirovaniye krovelnykh konstrukttsii [Optimal Engineering of Roof Systems] / V.V. Pobedinskyi, S.N. Shuniaiev / KrovTrade Company - Yekaterinburg
http://esr.uralstroyinfo.ru/files/proekt_krov.pdf
7. Радкевич, А. В. Анализ существующих проблем организационно-технологической надежности кровельных систем / А. В. Радкевич, В. Ф. Худенко, В. М. Глушенко // Вестник Днепропетровского национального университета
Радkevych A.V. Analiz suschestvuiuschikh problem organizatsionno-tekhnologicheskoi nadiozhnosti krovelnykh system [Analysis of the Existing Problems of Organizational and Technological Reliability of Roofing Systems]// A.V. Radkevych, V.F. Khudenko, V.M. Glushenko // Reporter of Academician V. Lazarian Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – Dnipropetrovsk, 2015. - issue. 56. – pp. 154-162.
8. Якобюк, Н. Кровельные системы Заочный круглый стол / Н. Якобюк // СтройПРОФИль. – 2009. – Вып. 4 (74). – С. 30-40.
Iakobiuk N. Krovelnyie sistemy. Zaochnyi kruglui Stol. [Roofing Systems. Distance Round Table] / N. Iakobiuk // StroiPROFil– 2009. – issue. 4 (74). – pp. 30-40.
<http://i-stp.ru/files/pdf/4-09-30.pdf>
9. Baskaran, B. A. Roofing Systems and their Performance Requirements / B. A. Baskaran, C. Fregeau – Canada : Building Better Roofs, 1996. P. 1-20.
<http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc40627-1/nrcc40627-1.pdf>
10. Cash, C. G. The relative durability of low-slope roofing / C. G. Cash // Proc. of the Fourth Intern. Symposium on Roofing Technology. – Arlington : Massachusetts, 1997. – P. 119-124.
<http://docserver.nrc.ca.net/pdfs/technical/5824.pdf>
11. Liu, K. K. Y. Performance of green roof systems / K. K. Y. Liu, B. Bass. – Atlanta, GA. : Cool Roofing Symposium, 2005. P. 1-18.
http://scholar.google.ru/scholar?q=Performance+of+green+roof+systems&btnG=&hl=ru&as_sdt=1%2C5&as_vis=1
12. Martins, N. Dynamic monitoring of a stadium suspension roof: Wind and temperature influence on modal parameters and structural response / N. Martins, E. Caetano // Engineering Structures. – 2012. – № 59. – P. 80-94.
http://scholar.google.ru/scholar?q=Dynamic+monitoring+of+a+stadium+suspension+roof%3A+Wind+and+temperature+influence+on+modal+parameters+and+structural+response&btnG=&hl=ru&as_sdt=1%2C5&as_vis=1
13. Pires, J. R. Investigation of Passive Solutions of Thermal Comfort in Housing Aiming to Reduce Energy Consumption / Pires, J. R., Marco A. S. G., Bruna L. B., Luciana S. R. // International Journal of Civil, Architectural, Structural and Construction Engineering. – 2014. – № 8.1. P. 114-122.
<http://www.waset.org/publications/9997704>
14. Pisello, A. L. Influence of human behavior on cool roof effect for summer cooling / A. L. Pisello, C. Piselli, F. Cotana // Building and Environment. – 2014
http://www.researchgate.net/profile/Anna_Laura_Pisello/publication/266971840_Influence_of_human_behavior_on_cool_roof_effect_for_summer_cooling/links/5440ba980cf2be1758d00b6b.pdf

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. В. Р. Млодецкий (Украина); д.т.н., проф. Н. И. Нетесой (Украина)

Поступила в редколлегию 16.04.2015

Принята к печати 20.04.2015