

Ю.П. ШУЛЬЖЕНКО, д-р техн. наук, генеральный директор, А.Ф. ЛЕВИН, канд. техн. наук, гл. специалист НТЦ «Гидрол-Руфинг» (Москва)

## Полимерная кровля Курского вокзала Москвы – 40 лет эксплуатации

Место, где находится Курский вокзал, известно в исторических источниках с XVI века под названием Кобыльская слобода. Местные горожане использовали его для выгона лошадей и скота. Здесь, на землях церкви Николая Чудотворца между большим и малым Никольскими переулками летом 1866 г. было построено первое небольшое деревянное здание пассажирского вокзала Курской железной дороги. В 1896 г. по проекту архитектора Н. Орлова на его месте было возведено новое каменное монументальное здание – настоящее произведение архитектурного искусства (рис. 1). В 1972 г., в связи с увеличением пассажиропотока к нему со стороны фасада было дополнительно пристроено сооружение в виде просторного зала из стекла и бетона с оригинальной складчатой конструкцией крыши. Ритм складчатого покрытия, уходящего в перспективу должен был ассоциироваться с движением поезда (рис. 2).

Складчатое покрытие выполнялось в период 1970 г. по проекту Мосгипротранса (главный архитектор Волошинов Г.И., главный конструктор Казачинский Л.А.) Покрытие Курского вокзала общей площадью более 14 тыс. м<sup>2</sup> является уникальным и единственным в России. Оно состоит из 66 преднапряженных железобетонных складок с толщиной стенки 120 мм, длиной 45 м и массой более 60 т. По расчетной схеме каждая складка представляет собой перевернутую П-образную балку на двух опорах с пролетом 27 м и двумя консолями 6 и 12 м. Опорами балок являются ригели, положенные перпендикулярно складкам на два ряда колонн. Между складками выполнены горизонтальные светопрозрачные фонари для дневного света. Благодаря такой конструктивной схеме перекрывается большая полезная площадь.



Рис. 1. Курско-Нжегородский вокзал. 1896 г.

Боковые поверхности складок утеплены пенополистирольным пенопластом ПСБ-С и защищены плоским асбестоцементным листом толщиной 8 мм. Швы между листами загерметизированы тиоколовым герметиком УТ-32. Основания складок утеплены блоками 30×30×8 см из пеностекла. Поверх блоков выполнена армированная цементно-песчаная стяжка марки 100 толщиной 25 мм. Поверхность складок покрыта полимерным мастичным составом Кровлелит (разработчик – головной научный центр ВНИИСтройполимер, автор Шульженко Ю.П.).

Приступая к разработке проекта главного здания пассажирского Курского вокзала в Москве архитекторы задались целью создать зал с большим светлым внутренним объемом. Поэтому с самого начала главное внимание авторского коллектива было обращено на основной элемент конструкции крыши – складку. Габариты складок исключали возможность транспортировки их по городу. Оставался единственный вариант – изготавливать складки на месте. Для этого в торцевой части стройплощадки была устроена пропарочная камера с металлическими прессформами. Готовые конструкции передвигали по ригелям на заданные расстояния.

После монтажа складок наступил черед кровли. Оказалось, что существующие на то время конструкции традиционных мягких и металлических кровель либо не соответствуют архитектурно-эстетическим требованиям (ритм уходящего поезда), либо не проходят «по массе».

Решение было найдено. Во ВНИИСтройполимере – головном научном центре по созданию полимерных строительных материалов зарождалось новое направление, связанное с разработкой и внедрением новых



Рис. 2. Главное здание Курского вокзала. 1972 г.

Наименование показателя	Значения
Предел прочности при разрыве, МПа	1,5–10
Относительное удлинение при разрыве, %	200–700
Адгезия, МПа: к бетону к асбестоцементу к металлу без грунта к металлу с грунтом	0,5–2 0,4–1,5 0,3–1 1–3
Водопоглощение, %	0,1–1
Водонепроницаемость, атм, не менее	8
Морозостойкость, цикл	300–500
Гибкость на стержне диаметром 10 мм, °С	-40– -50
Температуроустойчивость, °С	+120– +150
Стойкость к солнечной радиации	устойчиво
Огнестойкость (покрытия на бетоне, металле)	не поддерживает горения
Время высыхания слоя при 20 °С, мин: до воздушно-сухого состояния до нанесения следующего слоя	30–60 60–90
Время полного высыхания (стабилизации свойств), сут	7–10
Долговечность в кровле (по лабораторной оценке), лет	50



Рис. 3. Герметизация швов тиоколовым герметиком УТ-32. 1970 г.



Рис. 4. Состояние мест сопряжений наклонных поверхностей с верхней частью складок до ремонта. 2007 г.

полимерных кровельных и гидроизоляционных материалов. К тому времени был накоплен достаточный опыт эксплуатации битумных материалов типа рубероидов, успевших себя серьезно дискредитировать. Имея ограниченный спектр свойств, они не могли удовлетворить эстетическим и конструкционным требованиям архитекторов и проектировщиков здания вокзала. Специалисты «сидели на голодном пайке», так как их замыслы в области разработки новых архитектурных форм в виде оболочек, складок, сфер, пирамид и пр. не могли быть реализованы. В этих случаях кровля становилась «пятым фасадом» видимым с земли и сверху. Кроме того, к покрытиям предъявляли требования легкости, пожаробезопасности, эксплуатационной надежности, в особенности, на больших уклонах.

Самые прогрессивные и перспективные направления развития полимерных кровель связаны с применением мастик. К 1970 г. были выполнены опытные кровли на основе уникального полимера – хлорсульфополиэтилена (ХСПЭ) в городах: Москва, Северодвинск, Краснотуринск, Сумгаит. Испытания покрытий из Кровлелита в камерах искусственной погоды в течение трех лет, а также наблюдения за состоянием покрытий опытных кровель площадью от 300 до 600 м<sup>2</sup> показали, что их долговечность соответствует не менее 15 лет эксплуатации в натуральных условиях. В основу оценки надежности покрытий был положен принцип сохранения эластичности и адгезионной прочности. До тех пор пока покрытие эластично, оно сохраняет свои гидроизоляционные свойства. Утрате эластичности сопутствуют процессы нарастания хрупкости и растрескивания.

Ввиду важности и ответственности складчатой конструкции крыши на строящемся объекте, специалистами ВНИИСтройполимер была разработана методика оценки надежности полимерных слоев на модельном элементе конструкции. С этой целью, а также для отработки технологии монтажа утеплителя Мостранстрой предоставил ВНИИСтройполимеру фрагмент железобетонной складки, выполненный в масштабе 1:3. Фрагмент складки закрыли с торцов листами толстого оргстекла (6 мм). Периметр герметизировали. Объем между стеклами заливали водой высотой слоя 30 см. Выполненную конструкцию устанавливали на специальную тележку и транспортировали в морозильную камеру для замораживаний (до -40 °С), а затем оттаиваний. Замораживание проводили до образования массивного льда по всей глубине. После 2-х сут замораживания фрагмент извлекали из камеры и подвергали оттаиванию при нормальных условиях (при 20±2 °С) также в течение 2-х сут. Во время оттаивания происходило расширение и всплытие льда; при этом возникали нарушения целостности покрытий в виде набуханий, отслаиваний, трещин.

В процессе испытаний было опробовано более 6 различных составов полимерных кровельных покрытий, в том числе латексные составы (водные дисперсии композиций различных каучуков), подобранные защитные окрасочные составы для ПСБ-С.

Лучшие результаты получены при испытаниях покрытий из мастичных составов Кровлелит. Эти составы представляют собой раствор полимерных композиций состоящий из пленкообразующего полимера ХСПЭ, наполнителей, растворителя, вулканизирующих агентов и спецдобавок. В зависимости от состава показатели свойств варьировались в широком диапазоне (табл.).

Важным преимуществом мастичного покрытия Кровлелит являлась технологичность его устройства. Мاستику наносят способом окрасочной технологии, в том числе высокопроизводительным безвоздушным напылением.

В 70 гг. таких установок в СССР не было, поэтому кровельное покрытие Курского вокзала делали валиками. В лакокрасочной технологии считается, что чем больше слоев, тем качественнее покрытие; при этом покрытие содержащее растворитель должно быть выполнено не менее чем за 3 нанесения. В данном случае покрытие общей толщиной 0,8 мм было достигнуто за 4 нанесения.

Опыт устройства мастичной кровли Курского вокзала показал, что применение Кровлелита позволяет:

- снизить массу кровли по сравнению с традиционными битумными материалами в 15–20 раз;
- наносить водоизоляционные покрытия по поверхностям любых уклонов и конфигураций;
- радикально решить проблему стыков и сопряжений;

– повысить эксплуатационную надежность и долговечность кровли за счет бесшовности получаемого покрытия;

– создать огнестойкие покрытия, отвечающие современным требованиям пожарной безопасности;

- выполнять кровельные работы всесезонно.

С начала работ по устройству кровли разработчик гарантировал ее долговечность – 15 лет. Однако после 39 лет эксплуатации оказалось, что покрытие, выполненное из Кровлелита сохранило свою эластичность и адгезию к основанию.

В течение 10 лет после сдачи кровли ВНИИСтройполимер вел ежегодные наблюдения за ее состоянием. В некоторых местах образовались вздутия диаметром 3–8 см и отслоения. Такие дефекты образовывала испаряющаяся «запечатанная» влага. Следует отметить что кровельные работы выполняли в осенний период 1971 г. Вследствие осадков пеностекло и стяжка оказывались увлажненными. В нарушение действующих норм Кровлелит наносили спешно, на увлажненное основание, иногда, без надлежащей сушки. В этой связи в некоторых местах вместо 0,8 мм толщина покрытия составила 0,4 мм. ВНИИСтройполимер выступал против нанесения мастики на влажное основание, о чем имеются записи в журналах работ. Вокзал был сдан в эксплуатацию летом 1972 г.

Неоднократные предложения ВНИИСтройполимер руководству вокзала по проведению ремонта игнорировались, так как высококачественный железобетон складок не пропускал воду внутрь помещений и протечек не было.

По прошествии примерно 20 лет эксплуатации появились протечки, преимущественно в местах примыканий светопрозрачных фонарей. Руководство вокзала без проведения квалифицированного обследования, в обход ВНИИСтройполимера организовало ремонт кровли путем наклейки на основания складок недолговечного рубероида на картонной основе, который через три года утратил свою гидроизоляционную функцию. При этом на боковые поверхности складок местами нанесли битуминозный мастичный состав, который вследствие диффузии и последующего разбухания полностью отделился от асбестоцементного основания. На этих участках произошло полное разрушение водоизоляционной оболочки.

Никаких серьезных работ по обследованию этой кровли в течение более 35 лет после приемки в эксплуатацию не проводили.

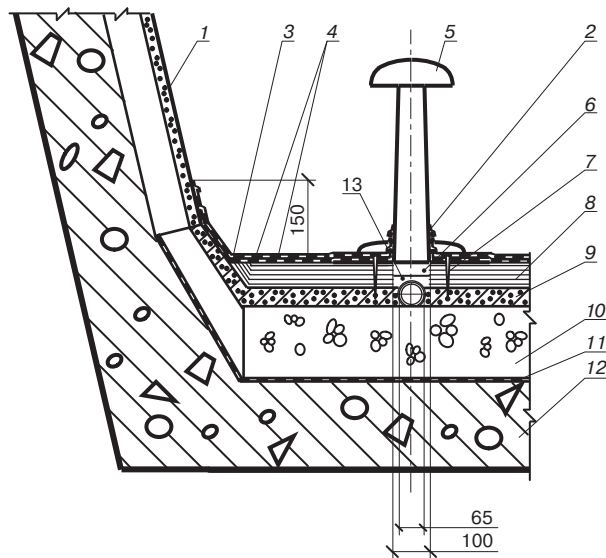
В 2006, 2007 и 2008 гг. ООО НПО «Гидрол-Руфинг» и ООО «Стройпроектзащита» выполнили инструментальные натурные обследования складчатого покрытия здания Курского вокзала, в результате чего была установлена закономерность изменения во времени несущей способности складок конструкции, что в ближайшие годы было достаточным для предотвращения аварийного об-



**Рис. 5.** Состояние боковых наклонных складок покрытых мастикой Кровлелит до ремонта кровли после 37 лет эксплуатации. 2007 г.



**Рис. 6.** Наледи на юго-восточных торцах складок. Состояние до ремонта кровли 2007 г.



**Рис. 7.** Схема установки аэратора: 1 – кровля боковой поверхности складки; 2 – мастика Унимаст-Б, армированная сеткой; 3 – место отсутствия приклейки верхнего слоя ковра; 4 – двухслойный кровельный ковер из наплавляемого материала и материала Элон-Супер на мастике Унимаст-Б; 5 – аэратор; 6 – участок вентилируемого канала под кровельным аэратором; 7 – крепящий элемент; 8 – существующие слои кровельного ковра; 9 – существующая, армированная цементно-песчаная стяжка; 10 – блоки пеностекла; 11 – существующая пароизоляция; 12 – железобетонная складка; 13 – вентилируемый канал шириной 65–70 мм



Рис. 8. Отсутствие наледей на юго-восточных торцах складок. Состояние после ремонта кровли. Весна 2010 г.



Рис. 10. Отремонтированная кровля главного здания Курского вокзала после сдачи в эксплуатацию в 2008 г.

рушения крыши. В результате вскрытий отобрали пробы материалов и определили их влагосодержание. В частности было установлено, что влагосодержание цементно-песчаной стяжки и пеностекла внутри основания складки существенно превышает значения, допустимые СНиП, а в некоторых местах влажность материалов соответствует состоянию полного влагонасыщения с наличием свободной влаги, которая перемещалась по уклону покрытия.

Наибольшее количество дефектов кровельного ковра было обнаружено на нижних и верхних поверхностях складок. Особенно неблагоприятное состояние было в горизонтальной части дна складок. Здесь кровельный ковер, выполненный из рубероида на битумной мастике, был полностью разрушен. На нем произрастали мох, трава и деревья.

Места сопряжений кровли верхней части складок и их наклонных поверхностей, ранее изолированные битумной мастикой с армированием лентами стеклоткани, к моменту обследования, находились в полностью разрушенном состоянии. Мاستичный состав выветрился и стеклоткань была оголена. Наиболее наглядно результат этого процесса был виден в местах расположения крепежных винтов (рис. 4).

Вместе с тем кровля боковых наклонных поверхностей складок, выполненная из Кровлелита, за исключением наружной консольной части некоторых складок находилась в хорошем состоянии (рис. 5). Северные складки сохранились лучше южных. Последние имели на своей поверхности местные отрывы и вздутия диаметром 12–150 мм. По экспертной оценке



Рис. 9. Наклейка Элона-Супер. 2008 г.

общая площадь дефектов на южных поверхностях составила не более 5 %, а на северных — не более 0,5 %.

Стыки асбестоцементных листов, выполненные с помощью герметика УТ-32, находятся в хорошем состоянии, герметик сохранил свою эластичность и адгезию к кромкам листов, трещины отсутствуют.

По результатам обследований 2007 г. было разработано несколько вариантов восстановительного ремонта покрытия, в том числе предусматривающих удаление переувлажненных материалов, дополнительное утепление конструкции крыши, а также мероприятия по предотвращению образования наледей (рис. 6.) на юго-восточных торцах складок, утепление и организацию водоотвода из лотка под юго-восточными торцами складок.

В процессе выполнения восстановительного ремонта покрытия летом 2008 г. в связи с резким подорожанием услуг по вывозу на свалки и захоронению демонтируемых материалов пришлось пересмотреть варианты ремонта, разработанные в 2007 г. и найти решение по сушке материалов путем устройства в толще конструкции вентилируемых наружным воздухом каналов с установкой кровельных аэраторов (рис. 7).

Количество аэраторов — по 6 штук в каждой складке, размеры сечений вентилируемых каналов были рассчитаны канд. техн. наук Шербаком Н.Н. Им было показано, что опасность сверхнормативного влагосодержания стяжки ( $2 \text{ кг/м}^2$ ) и пеностекла ( $4,3 \text{ кг/м}^2$ ) состоит в неизбежном перемещении влаги в зимний период под новый водоизоляционный ковер с возможностью образования вздутий. Им также было указано, что максимальной осушающей способностью обладает вентилируемый канал прямоугольной формы в толще разрушенной стяжки. Эффективная работа вентилируемой системы была подтверждена зимним обследованием, проведенным в 2010 г. Вокруг аэраторов происходит интенсивное таяние снега и на юго-восточных торцах складок отсутствуют наледы (рис. 8).

Поскольку стеклопакеты фонарей были разгерметизированы, поверхность их стекол загрязнена и более 50% площади закрыта различными кровельными материалами, было принято решение накрыть их поверхность материалом Элон-Супер с надежной приклейкой мастикой Унимаст У к горизонтальной и боковым поверхностям верхних частей складок (рис. 9).

Ожидаемая долговечность новой кровли главного здания Курского вокзала Москвы по экспертной оценке составляет не менее 15 лет.

**Ключевые слова:** Курский вокзал, складчатая конструкция крыши, кровельная мастика Кровлелит, аэраторы, мастика Унимаст-Б, Элон-Супер