

УДК 699.86:692.435

*А.Д. Жуков, А.В. Матвеев,
Д.И. Аристов, Е.Р. Пятаев*

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

**ЭКСТРУЗИОННЫЙ ПЕНОПОЛИСТИРОЛ
В СИСТЕМАХ ПЛОСКИХ КРОВЕЛЬ**

Обоснована необходимость применения в плоских кровлях, где всегда существует опасность проникновения капельной влаги внутрь конструкции, теплоизоляции, имеющей малое водопоглощение и стойкость, характеризующуюся сохранением механических и теплофизических свойств, в агрессивных средах и при увлажнении. В качестве такого материала предложен экструзионный пенополистирол — теплоизоляционный полимерный материал с равномерно распределенными замкнутыми ячейками. Изделия используются как плитная изоляция, а специальные изделия — для формирования уклонов и отвода паровоздушной смеси или капельной влаги.

Ключевые слова: экструзионный пенополистирол, плоская кровля, эксплуатационная стойкость, теплопроводность, уклон.

Плоские кровли образуют большую группу строительных систем, характеризующихся малым уклоном плоскостей финишного покрытия. Разуклонка предназначена для обеспечения беспрепятственного удаления ливневых вод с поверхности крыши к системам внутреннего или внешнего водоотведения. Этот уклон формируется за счет изменения толщины слоев основания или применения специальных клиновидных плит: из каменной ваты, экструзионного пенополистирола или водостойкого пеностекла [1, 2].

Условия работы систем плоских кровель предполагают использование теплоизоляции, не только эффективной по теплофизическим параметрам, но и имеющей малое водопоглощение, удовлетворительную паропроницаемость, хорошие прочностные характеристики [3] и стойкость в агрессивных средах и при увлажнении. Это и предопределяет целесообразность использования в этих системах экструзионного пенополистирола.

Экструзионный пенополистирол (XPS-плиты) — теплоизоляционный материал с равномерно распределенными замкнутыми ячейками [4]. Материал не впитывает воду, не набухает и не дает усадки, химически стоек и не подвержен гниению (табл. 1). Водопоглощение, по объему — не более 0,2 %; температура эксплуатации — от –70 до 75 °С. Материал обладает высокой эксплуатационной стойкостью, что и определяет долговечность строительных систем с применением XPS-плит [5,

*A.D. Zhukov, A.V. Matveev,
D.I. Aristov, E.R. Pyataev*

MGSU

**EXTRUDED POLYSTYRENE
FOAM IN FLAY ROOFS**

In our article we prove the necessity of applying thermal insulation with low water absorption and resistance and preserving mechanical and thermophysical properties in corrosive environment in flat roofs, where there is always a danger of penetrating condensed moisture into the structure. As such material we offered extruded polystyrene foam — heat-insulating polymer material with uniformly distributed closed cells. The products are used in the form of slab insulation and special items — for forming slopes and venting.

Key words: extruded polystyrene, flat roof, service durability, thermal conductivity, slope.

Flat roofs form the largest group of construction systems, characterized by small slope finishing coat surface. The gravity layer is designed for easy removal of the storm water from the roof surface to the systems of internal or external drainage. The roof sloping is formed by changing the base layer thickness or application of special V-shaped plates: made of stone wool, extruded polystyrene foam or water-resistant foam glass [1, 2].

The working conditions of flat roofs involve the use of thermal insulation, not only effective in thermophysical parameters, but with low water absorption, good vapor permeability, high durability [3] and weather resistance. That proves the expediency of using extruded polystyrene foam in these systems.

Extruded polystyrene foam (EPF plates) is a thermal insulation material with uniformly distributed closed cells [4]. The material does not absorb water, does not swell or shrink, is chemically resistant and does not rot (tab. 1). Water absorption is no more than 0,2 % in volume; operating temperature from –70 to 75 °С. The material has high durability, and that determines the durability of building systems with EPF plates [5, 6]. The disadvantage of

б]. Недостатком, присущим любым пластмассам, является горючесть материала [7], что и накладывает определенные ограничения на его применение.

Высокая прочность позволяет получить ровное и одновременно жесткое основание, что существенно увеличивает срок эксплуатации всей теплоизоляционной системы. XPS-плиты применяются в общегражданском строительстве для теплоизоляции фундамента и в системах плоской кровли [8—10].

any plastics, is the combustibility of the material [7], which makes certain restrictions in its use.

High durability allows getting flat and rigid base, which considerably increases the service life of the entire thermal insulation system. XPS plates are used in civil construction for thermal insulation of foundation and flat roofs [8—10].

Табл. 1. Физико-технические характеристики XPS-плит

Tab. 1. Physicotechnical parameters of XPS-plates

Показатели	XPS 30-200 Стандарт / Standard	XPS 30-250 Стандарт / Standard	XPS Carbon 30-280 Стандарт / Standard	XPS Carbon 35-300	XPS Carbon 45-500	Index
Плотность, кг/м ³	не менее 25	27...29	28...30	30...35	38...45	Density, kg/m ³
Прочность на сжатие при 10 % деформации, менее, кПа	200	250	280	300	500	Compression resistance limit, less than, MPa
Предел прочности при изгибе, не менее, МПа	0,30	0,30	0,40	0,40	0,45	Bending resistance limit, not less than, MPa
Теплопроводность при 25 °С Вт/(м·К)	0,029	0,029	0,028	0,028	0,031	Thermal conductivity At 25°C W/(m·K)
Теплопроводность в условиях эксплуатации «А» и «Б», Вт/(м·К), не более	0,031	0,031	0,030	0,030	0,032	Heat conductivity under operating conditions «A» and «B», W/(m·K), not more
Паропроницаемость не менее? мг/(мчПа)	0,011	0,011	0,011	0,010	0,005	Vapor permeability not less than mg/(mhPa)
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,50	Heat capacity per unit mass kJ/(kg °C)
Группа горючести	Г4	Г4	Г4	Г3	Г4	Combustibility class
Геометрические параметры / Geometric parameters						
Длина, мм	1180	1180	1180, 2380	1180, 2380	1180, 4000, 4500	Length, mm
Ширина, мм	580	580	580	580	580	Width, mm
Толщина, мм	20, 30, 40, 50, 100	30, 40, 50	40, 50, 60, 80, 100	40, 50, 60, 80, 100, 120	40, 50, 60	Thickness, mm

Основным видом изделий являются плоские плиты с прямой кромкой или выбранной четвертью (для минимизации потерь тепла через стыки плит). Также выпускаются специальные изделия (табл. 2). Так клиновидные плиты (рис. 1) применяются при формировании разуклонки плоских кровель. Плиты с фрезерованными пазами (рис. 2) применяют как дренажный элемент в системах изоляции фундамента и плоских кровель, если необходим естественный водоотвод, а также как вентиляционные элементы.

Main products are flat plates with a square edge or right-angled (to minimize heat loss through the joints of plates). Also special products are produced (tab. 2). Thus, V-shaped plates (Fig. 1) are used in roof sloping. Grooved plates with milled slots (Fig. 2) are used as a drainage element in foundation and flat roof insulation, in case of natural drainage and venting.

Табл. 2. Физико-технические характеристики XPS-плит (специальных)

Tab. 1. Physicotechnical parameters of XPS-plates (special)

Показатели	XPS Carbon Дренаж / Drainage	XPS Carbon Фасад / Facade	XPS Carbon Клин 1,7 / V-shape 1.7	XPS Carbon Клин 3,4 / V-shape 3.4	Index
Плотность, кг/м³	30	30	30	30	Density, kg/m³
Прочность на сжатие при 10 % деформации, менее, кПа	250	250	250	250	Compression resistance at 10 % deformation, less than, MPa
Предел прочности при изгибе, не менее, МПа	0,35	0,35	0,35	0,35	Bending resistance limit, not less than, MPa
Теплопроводность при 25 °С, Вт/(м·К)	0,029	0,029	0,029	0,029	Thermal conductivity at 25°C W/(m·K)
Теплопроводность в условиях эксплуатации «А» и «Б», Вт/(м·К), не более	0,031	0,031	0,031	0,031	Heat conductivity under operating conditions «А» and «Б», W/(m·K), not more, than
Паропроницаемость не менее мг/(м·ч·Па)	0,010				Vapor permeability, not less than mg/(m·h·Pa)
Удельная теплоемкость, кДж/(кг °С)	1,45	1,45	1,45	1,45	Specific thermal capacity, kJ (kg °C)
Группа горючести	Г4	Г3	Г3	Г3	Combustibility class
Геометрические параметры / Geometric parameters					
Длина, мм	1180	1180	1200	600	Length, mm
Ширина, мм	580	580	600	1200	Width, mm
Толщина, мм	60	30, 40, 50, 60, 80, 100	от 10/30 до 30/50		Thickness, mm

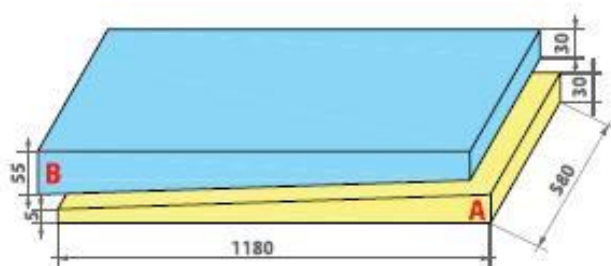


Рис. 1. XPS-плиты Carbon Клин

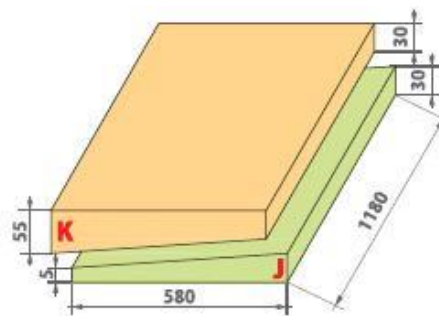
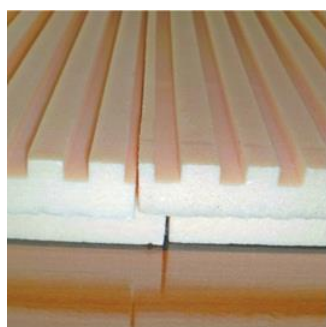
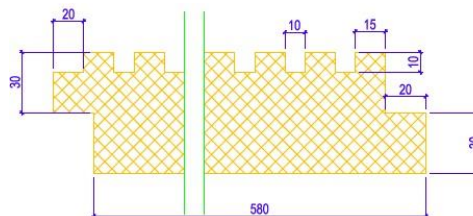


Fig. 1. XPS-plates Carbon Feather



а



б

Рис. 2. XPS-плиты Carbon Дренаж: а — общий вид; б — схема плиты

Fig. 2. XPS-plates Carbon Drainage: а — general view; б — plate scheme

Клиновидная теплоизоляция применяется: для устройства уклона на кровле, увеличения уклона или изменения направления стока воды;

V-shaped insulation is used for: roof sloping, slope increase or changing of water flow; roof sloping to the rainwater funnels;

устройства в ендове разуклонки к водопримемным воронкам;

создания уклонов (разжелобка) у вентиляционных шахт и зенитных фонарей;

создания дополнительного уклона для отведения воды от парапета (контруклона).

Система клиновидной теплоизоляции представляет собой набор плит с уклоном 1,7 % (плиты *A* и *B*) и 3,4 % (плиты *J* и *K*), нарезанных из плиты толщиной 60 мм. Плиты *A* и *B* создают основной уклон на кровле от ендовы до конька, равный 2 %. Плиты *J* и *K* используются для создания уклона в 4 %. Применяются, в основном, для создания разуклонки между воронками, а также для отвода воды от парапета, зенитных фонарей, кровельных вентиляторов. Уклон из XPS-плит 2 % начинают собирать с нижней точки кровли от воронки, свеса или парапета. При увеличении уклона у парапета используют XPS-плиты 4 % (плиты *J* и *K*).

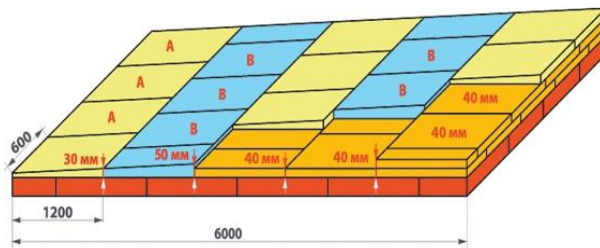


Рис. 3. Создание уклона с помощью клиновидных плит

sloping in ventilation shafts and skylights;

additional sloping for water removal from the barrier wall (contrasloping).

V-shaped insulation is a set of plates with a slope of 1.7 % (plates *A* and *B*) and 3.4 % (plates *J* and *K*), cut from plates of 60 mm thick. Plates *A* and *B* make the main roof sloping from the gutter to the ridge, equal to 2 %. Plate *J* and *K* make 4 % sloping. They are used primarily for sloping between funnels, and removal of water from barrier walls, skylights, roof ventilators. They begin to frame 2 % slope from the lowest point of the roof from the funnel, overhang or barrier wall. 4 % XPS-plates (plates *J* and *K*) are used to increase the sloping at the barrier wall.

Fig. 3. Framing slopes with V-shaped plates

Технология раскладки плит при создании уклона между воронками на профлисте такова. Плоская XPS-плита толщиной 50 мм используется для набора толщины и может укладываться как под клиновидную плиту, так и на нее. Часть разреза уклона приведена на рис. 3. Разуклонка из клиновидной теплоизоляции не может полностью заменить теплоизоляционный слой, требуемый по теплотехническому расчету. Укладку плит необходимо производить, начиная с края ромба, к центру. Каждая четверть собирается отдельно. Подрезку плит производят по месту. Отношение длинной диагонали ромба к короткой не должно быть менее чем 5:1 ($b/a \leq 5$).

Panel layout technology in constructing a slope between funnels on the steel sheet is as follows. 50 mm EPF flat plate is used to control the thickness and can be laid as under the V-shaped plate, as well as on it. The part of the slope section is presented in Fig. 3. The sloping roof of V-shaped insulation can not completely replace a heat-insulation layer required by thermotechnical calculation. Plates must be placed starting from the edge of the rhombus to the center. Every quarter is laid separately. Plates are cut on the spot. The ratio of long diagonals of a rhombus to the short one should not be less than 5:1 ($b/a \leq 5$).

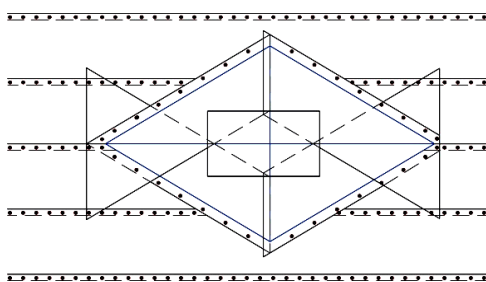


Рис. 4. Укладка ПВХ мембраны в разуклонке из клиновидных плит

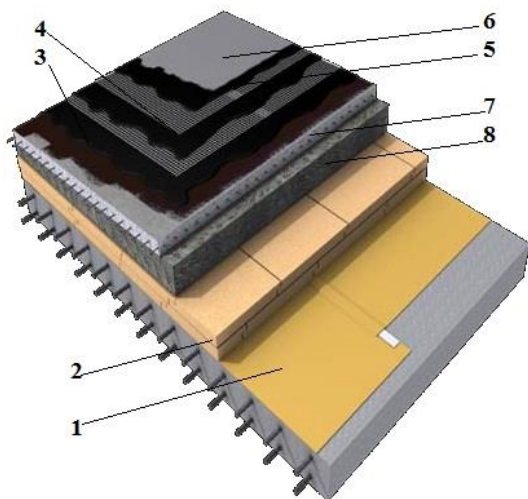
Fig. 4. Laying PVC membrane in sloping made of V-shaped slabs

Общий вид раскладки плит таков. Подрезка плит производится в каждой четверти по пунктирной линии (рис. 4). Аналогично выглядит отвод воды в застойных зонах вдоль парапета. При размещении воронок в припарапетной зоне возникает необходимость создания контруклона и отвода воды от парапета для предотвращения образования застойных зон. В этом случае рекомендуется применять клиновидные плиты *J* и *K* с уклоном 4 %.

Временное скрепление плит между собой на время монтажа производят двусторонним скотчем. Для того чтобы легкий утеплитель не смещался до установки механического крепления, его необходимо пригрузить.

Фиксация к основанию плит клиновидной теплоизоляции производится вместе с фиксацией основного слоя утеплителя. Для этого используется крепеж увеличенного размера, чтобы компенсировать увеличение толщины фиксируемого слоя. Саморез должен выступать из профлиста с обратной стороны не менее чем на 15 мм [11]. Применение XPS-плит плотностью 25...35 кг/м³ обеспечивает снижение нагрузок на основание; сокращение трудозатрат на выполнение уклонов и времени выполнения работ. В процессе устройства уклонов и контруклонов «мокрые» процессы не применяют.

Система ТН-Кровля мастичная. ТН-Кровля мастичная (рис. 5) — система неэксплуатируемой крыши с мастичным гидроизоляционным ковром. Для устройства гидроизоляционного ковра используется мастика ТехноНИКОЛЬ № 21 (Техномаст) — в 3 слоя. Расход мастики на 1 слой не должен превышать 2 кг/м².



General view of placing the plates is as follows. Plates are cut in each quarter on the dotted line (Fig. 4). Water removal in stagnant zones along the barrier wall looks similar. When placing funnels in barrier wall area, it is necessary to create contrasloping and water drainage from the barrier wall to prevent ponding. In this case it is recommended to use a V-shaped plate *J* and *K* with 4 % slope.

Temporary fastening of plates to each other at the time of installation is made with double-sided adhesive tape. In order to prevent the shifting of the heater, it must be surcharged before attachment device installation.

Fixing V-shaped insulation to the base plates is made simultaneously with fixing insulation bottom layer. For that, we use bigger fastener to compensate for the increase of the layer thickness. The screw should protrude out from the back side of the steel sheet not less than 15 mm [11]. The use of EPF plates of 25...35 kg/m³ density reduces the load on the base and saves labor on the slope construction. Wet-mix processes are not applied in construction of sloping and contrasloping.

The system of Mastic TN-Roofing. TN-Roofing Mastic (Fig. 5) is a system of inaccessible roof with mastic waterproofing carpet. For waterproofing covering we use mastic TechnoNIKOL № 21 (Tekhnomast) — in 3 layers. Mastic Consumption per 1 layer should not exceed 2 kg/m².

Рис. 5. Система ТН-Кровля Мастичная: 1 — пленка пароизоляционная; 2 — XPS-плита Carbon 35-300; 3 — праймер битумный № 01; 4 — мастика № 21 (Техномаст); 5 — стеклоткань 120...190 г/м²; 6 — алюминиевая защитная мастика № 57; 7 — армированная цементно-песчаная стяжка толщиной не менее 50 мм; 8 — уклонообразующий слой из керамзитового гравия

Fig. 5. The system TN-Roofing Mastic: 1 — vapour barrier sheet; 2 — EPF plate Carbon 35-300; 3 — bituminous primer № 01; 4 — mastic № 21 (Tekhnomast); 5 — fiberglass 120...190 g/m²; 6 — aluminum protective mastic № 57; 7 — reinforced cement-sand screed of not less than 50 mm thick; 8 — sloping layer of expanded clay gravel

Для улучшения прочностных характеристик данной системы применяется армирование из 2-х слоев стеклоткани. Перед укладкой мастичных слоев гидроизоляции поверхность грунтуют праймером битумным № 01 для увеличения адгезии. В качестве теплоизоляции применяются XPS-плиты. Для защиты от УФ-воздействия на мастичную гидроизоляцию применяется мастика алюминиевая № 57. Она также помогает понизить нагрев всей поверхности кровли.

Система ТН-Кровля мастичная применяется при устройстве новой и реконструкции старой кровли. Данная система часто используется, когда необходимо устройство гидроизоляционного ковра при наличии большого количества кровельных элементов и невозможности применения открытого огня.

Мастичную кровлю устраивают по железобетонным несущим плитам со швами, заделанными цементно-песчаным раствором; монолитным армированным стяжкам из цементно-песчаного раствора с прочностью на сжатие не менее 15 МПа; сборным стяжкам из хризотилцементных прессованных плоских плит или цементно-стружечных плит; деревянным основаниям (устроенным из влагостойкой фанеры ФСФ или ориентированной стружечной плиты); по старому кровельному ковру.

На поверхности ремонтируемой кровли не должно быть открытых разрушений на всю глубину изолирующих слоев. В случае наличия подобных дефектов выявить и устранить причину их возникновения. Поверхность кровли должна обеспечивать свободный сток воды к водоприемным устройствам при минимальном уклоне 2 %.

Допускается применение сборной стяжки, например, из хризотилцементных прессованных листов толщиной 10 мм или цементно-стружечных плит. В местах примыкания кровли к стенам, шахтам и другим конструктивным элементам должны быть предусмотрены наклонные бортики (под углом 45°), высотой не менее 100 мм из легкого бетона, цементно-песчаного раствора или асфальтобетона. Стены из кирпича или блоков в этих местах должны быть оштукатурены цементно-песчаным раствором М150.

В местах примыкания мастичной кровли к парапетам, стенам, бортам фонарей и другим, выступающим над кровлей конструкциям, в покрытиях типа 1 и 2 предусматривают дополнительные изоляционные слои из двух мастичных слоев с двумя армирующими прокладками из

In order to improve durability of this system we apply 2 layers of glass reinforcement. Before laying mastic layer, waterproofing surface must be covered with bituminous primer № 01 for better adhesion. As the insulator we use EPF plates. To protect against UV-radiation, mastic waterproofing mastic is covered with aluminum mastic № 57. It also helps to reduce heating of the entire roof surface.

TN-Roofing Mastic system is applied in constructing new roofs and renovating the old ones. This system is often used in waterproofing coverings with a large number of roofing elements and in case open fire use is impossible.

Mastic roofing is put on reinforced concrete bearing plates with joints filled with cement-sand; on monolithic reinforced cement-sand screeds with a compression resistance of at least 15 MPa; on sheet-backing coat from chrysotile pressed flat plates or cement-bonded slabs; on the wooden bases (made of water-resistant plywood or oriented structural board); on the old roof cover.

There mustn't be any visible destructions all the way down the insulating layer on the repaired roof surface. In case of such defects it's necessary to identify and eliminate their cause. The roof surface must ensure the free flow of water to the water intake device with at least 2 % sloping.

It is allowed to use sheet-backing coat, for example, from chrysotile pressed flat plates 10 mm thick or cement-bonded slabs. The junctions between the roof and the walls, shafts and other structural elements should be provided with sloped upturns (at the angle of 45 degrees), 100 mm high, made of lightweight concrete, cement-sand mortar or asphalt. Walls made of bricks or blocks at the joints should be plastered with cement-sandy solution M150.

The junctions of mastic roofs to the balusters, walls, the sides of lights and other structures protruding over the roof, coverings of type 1 and 2 are provided with additional insulation of two layers of mastic with two layers of reinforcement strips of glass fiber materials. The gutters and the ridge of the roof in these coverings are

стекломатериалов. Ендовы и конек кровли в этих покрытиях усиливают одним армированным мастичным слоем. На неэксплуатируемых кровлях допускается выполнять на примыканиях к парапетам, стенам, бортам фонарей дополнительный ковер из трех армированных мастичных слоев без устройства защитного фартука.

Полимерная кровля на основе комбинированного утепления ТН-Кровля Смарт. В связи с ростом строительства крупных торговых центров, логистических складских терминалов и производственных зданий получили широкое распространение быстровозводимые кровельные конструкции с основанием из профилированного стального настила (рис. 6).

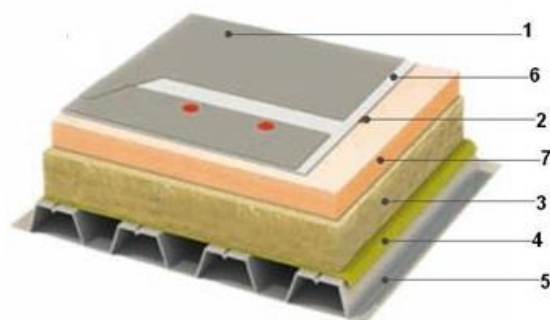


Рис. 6. Система полимерной кровли с механическим креплением ТН-Кровля Смарт: 1 — полимерная мембрана; 2 — система механического крепления; 3 — плита на основе каменной ваты; 4 — пароизоляция; 5 — несущее основание; 6 — разделительный слой; 7 — XPS-плита

Традиционно такие кровли выполняются по системе с механической фиксацией кровельного ковра к основанию с использованием утеплителя из минераловатных плит и полимерных мембран в качестве гидроизоляционного материала. Для удешевления в качестве утеплителя используют комбинацию из двух слоев минеральной ваты. Верхний более плотный слой необходим лишь для распределения нагрузки, возникающей при монтаже и эксплуатации кровли. В предлагаемой комбинированной системе верхний слой заменен на XPS-плиты. Это позволяет существенно удешевить систему за счет снижения общей толщины слоя утеплителя при сохранении того же теплосопротивления конструкции. Снижение затрат происходит и из-за более низкой стоимости и более высоких теплосберегающих свойств экструзионного пенополистирола.

Дополнительным преимуществом комбинированной системы ТН-Кровля Смарт является повышенная поверхностная жесткость и ровность основания кровли. Это приводит к улучшению водостока и увеличению срока эксплуатации, без

reinforced with one reinforced mastic layer. An additional coat of three reinforced mastic layers without protective apron is applied on inaccessible parts of the roof at the junctions between the roof and the barrier walls and the lamp sides.

Polymeric roofing based on combined insulation TN-Roof Smart. Pre-engineered steel roofs with protective coat became widely spread considering the growth of construction of large shopping centers, logistic warehouses and industrial buildings (Fig. 6).

Fig. 6. Polymer roofing with attachment device "TN-Roof Smart": 1 — polymer membrane; 2 — attachment device; 3 — stone wool plate; 4 — vapor insulation; 5 — load-bearing base; 6 — separation layer; 7 — EPF plate

Traditionally such roofs are made with mechanical fixing of a roofing coat to the base with mineral wool slabs and polymer membranes, as a waterproofing material. The combination of two mineral wool layers is applied to reduce the cost. We need top layer only for load distribution during construction and operation. The upper layer in the presented system is replaced with EPF plates. That can significantly reduce the cost of the system by reducing insulation coating thickness while saving the level of heat resistance of the construction. Cost reduction is due to the lower cost and higher heat saving parameters of extruded polystyrene foam.

Additional advantage of the combined system TN Smart is the increased surface rigidity and flatness of roof base. This improves drainage and increased term of exploitation, without reducing the limit of fire resistance of

снижения предела огнестойкости конструкции и класса пожарной опасности.

Использование на кровлях с основанием из профилированного стального листа в качестве утеплителя только экструзионного пенополистирола было ограничено низким показателем огнестойкости данных конструкций. Кровля с комбинированной системой утепления, состоящей из 50 мм нижнего слоя плит на основе негорючей каменной ваты, которая выступает в качестве огнезащитного слоя, и XPS-плит, полностью лишена данных недостатков.

Кровельная конструкция с комбинированной системой утепления получила именное название TN-Кровля Smart. Эта система состоит из следующих компонентов: несущего оцинкованного профлиста с показателем огнестойкости не менее RE 15; пароизоляционной пленки; минераловатного утеплителя ТехноРУФ Н30 (35) толщиной не менее 50 мм; XPS-плит толщиной, определяемой по теплотехническому расчету; разделительного слоя на основе стеклохолста развесом ≥ 100 г/м²; кровельной полимерной мембраны Logicroof или Ecoplast на основе ПВХ V-RP толщиной 1,2...1,5 мм.

Огневые испытания показали высокие противопожарные характеристики такой конструкции (K0, RE 15, P0). Система TN-Smart имеет сертификат на серийный выпуск как кровельная система. Конструкции с такими противопожарными характеристиками могут применяться в качестве бесчердачных покрытий в зданиях II—V степени огнестойкости.

Система балластной полимерной кровли TN-Кровля Балласт. Балластная система укладки применяется при устройстве новых и реконструкции старых кровель, в т.ч. с дополнительным утеплением. В зависимости от назначения, балластные кровли подразделяются на эксплуатируемые и неэксплуатируемые. Эксплуатируемые, в свою очередь, делятся на кровли с пешеходными нагрузками, транспортными нагрузками, а также «зеленые» кровли. По расположению утеплителя относительно гидроизоляции балластные кровли делятся на традиционные (гидроизоляция над утеплителем) и инверсионные (гидроизоляция под утеплителем).

Балластная система укладки (рис. 7) применяется для кровель с парапетами со всех сторон и уклоном несущего основания не более 3 %. В балластной системе укладки рекомендуется использовать полимерные мембраны Logicroof или Ecoplast, армированные стеклохолстом V-GR.

structures and fire risk class.

The use of extruded polystyrene foam solely as an insulator on steel roofs was restricted because of low fire resistance of the structures. The roof with combined insulation system consists of 50 mm non-combustible mineral wool slabs on the bottom layer and EPF plates, doesn't have such disadvantages.

The roof with a combined insulation system is called TN Smart. The system consists of the following components: a galvanized steel sheet with fire resistance not less than 15 RE; vapour sheet; mineral wool insulation TechnoROOF N30 (35) not less than 50 mm thick; EPF plates with thermotechnically calculated thickness; separation layer based on glass fiber weighing ≥ 100 g/m²; polymeric roofing membranes Logicroof or Ecoplast based on PVC V-RP 1,2...1,5 mm thick.

Fire tests showed high fire characteristics of this design (K0, RE 15, P0). System TN-Smart has a certificate for serial production as a roofing system. The structures with such fire characteristics can be used as open roof coatings in buildings of II-V fire resistance class.

The ballast polymeric roofing TN-Roof Ballast. The ballast slating is applied in the construction of new roofs and renovation of old ones, including extra insulation. Depending on the application, ballast roofs are divided into accessible and inaccessible. Accessible roofs are, in turn, divided into the roof with pedestrian loads, transport loads, as well as green roofs. The arrangement of insulation in relation to waterproofing, ballast roofs are divided into the traditional roofs (waterproofing over insulation) and ballasted ones (waterproofing beneath the insulation).

The ballast slating (Fig. 7) is used for the roofs with barrier walls from all sides and not more than 3 % slanting base. The system uses polymeric membranes Logicroof or Ecoplast, reinforced fiberglass V-GR.

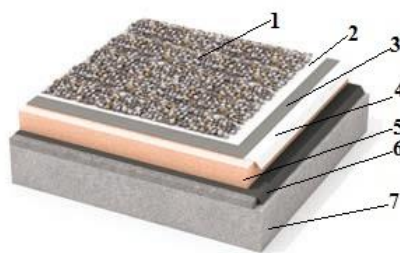


Рис. 7. Система балластной кровли TN-Кровля Балласт: 1 — балласт; 2 — подкладочный слой (геотекстиль); 3 — полимерная мембрана; 4 — разделительный слой (стеклохолст); 5 — XPS-плиты; 6 — пароизоляция; 7 — несущее основание

Fig. 7. Ballasted roof TN-Roof Ballast: 1 — ballast; 2 — backing layer (geo-textile); 3 — polymer membrane; 4 — separation layer (fiberglass); 5 — XPS-plates; 6 — insulation; 7 — load-bearing base

В балластной системе кровельный ковер удерживается весом балласта, укладываемого сверху. Дополнительно к балласту в местах примыканий к парапетам, воронкам, трубам, вентиляционным шахтам и другим выступающим элементам мембрана крепится к основанию с помощью крепежных элементов с шагом не более 330 мм. Вокруг труб малого сечения должно устанавливаться не менее четырех крепежных элементов. Необходимый вес балласта, а также количество дополнительных крепежных элементов рассчитывается в зависимости от ветровых нагрузок, согласно СНиП 2.01.07—85* «Нагрузки и воздействия», он должен быть не менее значений, приведенных в табл. 3.

The roof coat is kept with the ballast, stacked on top. Besides the ballast, at the junctions between the roof and the barrier walls, funnels, pipes, shafts and other protruding elements, the membrane is attached to the base with fixing elements spaced at not more than 330 mm. Around thin pipes there should be no less than four attachment devices. The necessary ballast weight, and the number of additional attachment devices is calculated in relation to wind loading, according to Construction Norms and Regulations SNiP 2.01.07—85* "Loading and impact", but should not be less than the values given in tab. 3.

Табл. 3. Минимальный вес (расход) балласта в системе укладки

Tab. 3. Minimum weight (consumption) of ballast in the slanting system

Высота, м Height, m	Масса балласта, кг/м ² Ballast weight, kg/m ²	
	Центральная зона Central area	Краявая и угловая зоны Boundary area and corner area
До 20	50	75
20...40	75	90

При укладке ПВХ мембран на старое битумное покрытие или деревянный настил с пропитками выполняется разделительный слой из иглопробивного или термоскрепленного геотекстиля развесом ≥ 300 г/м². При укладке на XPS-плиты выполняют разделительный слой на основе стеклохолста развесом ≥ 100 г/м², либо на основе полиэстера развесом ≥ 70 г/м², с перехлестом полотнищ не менее 50 мм.

В качестве подкладочного слоя под балласт необходимо укладывать слой термоскрепленного геотекстиля развесом ≥ 180 г/м², либо иглопробивного геотекстиля развесом ≥ 300 г/м², с перехлестом полотнищ не менее 50 мм. В качестве балласта для эксплуатируемых кровель с пешеходными нагрузками применяется тротуарная плитка толщиной не менее 40 мм. Плитка должна укладываться поверх

When laying PVC membranes in the old asphalt coat or wood deck with impregnation, separating layer is made of needled or heat-bonded geotextile weighing ≥ 300 g/m². When laying on the EPF plates, separating layer is made of glass fiber weighing ≥ 100 g/m², or of polyester weighing ≥ 70 g/m², the overlap of panels is not less than 50 mm.

As under ballast layer, heat-bonded geotextile weighing ≥ 180 g/m² or needled geotextile weighing ≥ 300 g/m² is used, the overlap of panels of not less than 50 mm. As a ballast for accessible roofs with pedestrian loads, sidewalk tile of not less than 40 mm thick is applied. The tiles

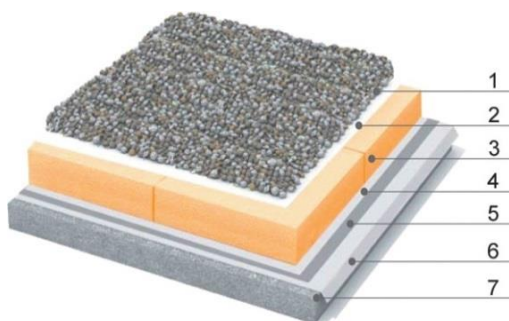
кровельной мембраны на специальные подставки со скользящим слоем из полиэстерной пленки, устойчивой к ультрафиолету.

Плитка может укладываться на специальные регулируемые опоры для придания плитке нулевого уклона. В этом случае в качестве утеплителя рекомендуется применять XPS-плиты. Между опорами и мембраной должен укладываться слой иглопробивного геотекстиля развесом $\geq 300 \text{ г/м}^2$.

В «зеленой» кровле в качестве балласта применяется растительный грунт. «Зеленая» традиционная кровля имеет дренажный слой между гидроизоляцией и грунтом. В качестве дренажного слоя рекомендуется применять профилированную мембрану Planter life, разработанную специально для «зеленых» кровель, покрытую сверху слоем термоскрепленного геотекстиля развесом $\geq 180 \text{ г/м}^2$, перехлесты которого обязательно свариваются горячим воздухом. Размер перехлестов — не менее 100 мм. Специальная противокорневая защита не требуется.

В эксплуатируемых кровлях в качестве утеплителя рекомендуется использовать XPS-плиты, ввиду больших эксплуатационных нагрузок. Эксплуатируемые кровли рекомендуется выполнять по инверсионной системе. Минимальный размер бокового перехлеста полотнищ мембраны в балластной системе составляет 80 мм. Минимальная ширина сварного шва составляет 30 мм. Вокруг воронок используется более крупная фракция балласта для улучшения фильтрационных свойств.

Система балластной инверсионной полимерной кровли. Инверсионная система (рис. 8) представляет собой разновидность балластной системы и идеально подходит для эксплуатируемых кровель, по которым осуществляется регулярное движение, или для кровель в районах с суровыми климатическими условиями. При этой системе укладки кровельная мембрана защищена от воздействий перепадов температуры и солнца, что еще более увеличивает срок службы кровли [12]. Данная система часто используется при дополнительном утеплении кровель.



should be placed on the roof membrane top on a special stand with a sliding layer of PE film, stable to UV light.

Tiles can be laid on special adjustable supports for zero slope. In this case, as a heater it is recommended to use EPF plates. Between the supports and the membrane there must be a layer of needled geotextile weighing $\geq 300 \text{ g/m}^2$.

In green roof vegetable soil is used as a ballast. Traditional green roof has a drainage layer between waterproofing and soil. As a drainage layer we recommend a shaped membrane Planter life, developed specially for green roofs, covered with a heat-bonded layer weighing $\geq 180 \text{ g/m}^2$. The overlaps not less than 100 mm are welded with hot air. Special anti-root insulation is not required.

In accessible roofs we recommend to use EPF plates as insulator, due to high operation loads. Accessible roofs are recommended to make by the ballasted system. The minimum size of membrane lateral overlap in the ballast system is 80 mm. The minimum width of a welded joint is 30 mm. In order to improve filtration properties around funnels, ballast of a larger fraction is used.

The ballasted polymer roofing system. Ballasted system (Fig. 8) is a type of ballast system and is ideal for accessible roofs with pedestrian loads or roofs in areas with severe climatic conditions. The system protects the roof membrane from thermal and sun effects, which increases the service life of the roof [12]. This system is often used for additional insulation.

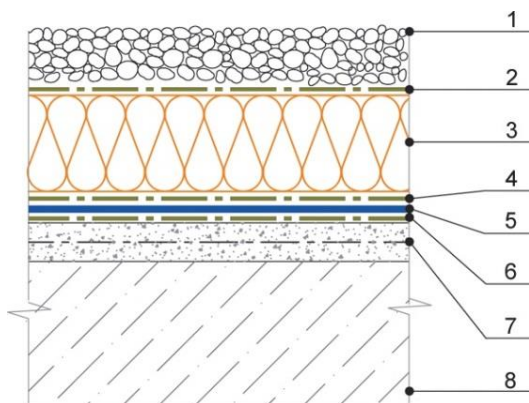
Рис. 8. Балластная инверсионная полимерная кровля: 1 — балласт; 2 — термоскрепленный геотекстиль; 3 — XPS-плита; 4 — термообработанный геотекстиль 150 г/м^2 ; 5 — полимерная мембрана; 6 — термообработанный геотекстиль 300 г/м^2 ; 7 — несущее основание

Fig. 8. Ballast polymer roofing: 1 — ballast; 2 — heat-bonded geotextile; 3 — EPF plate; 4 — heat-treated geotextile 150 g/m^2 ; 5 — polymer membrane; 6 — heat-treated geotextile 300 g/m^2 ; 7 — load-bearing base

Инверсионная система укладки применяется для кровель с парапетами, уклон должен составлять не более 3 %. В инверсионной системе пароизоляция не применяется. Роль пароизоляции выполняет сама кровельная мембрана. В инверсионной системе в качестве утеплителя применяется только XPS-плиты.

В инверсионной системе рекомендуется применять полимерные мембраны Logicroof. Кровельный ковер удерживается весом утеплителя и балласта, укладываемых сверху. Дополнительно к балласту, в местах примыканий к парапетами, воронкам, трубам, вентиляционным шахтам и другим выступающим элементам, крепится мембрана. Она также крепится к основанию с помощью крепежных элементов с шагом не более 330 мм. Вокруг труб малого сечения должно быть установлено не менее четырех крепежных элементов. Крепежные элементы устанавливаются в перехлестах полотнищ. Минимальный перехлест полотнищ в этих местах — 120 мм.

В ендове и около воронок увеличивают вес балласта, чтобы предотвратить всплывание утеплителя. Вокруг воронок применяется балласт более крупной фракции для улучшения фильтрационных свойств. В качестве подкладочного слоя под любой балласт поверх экструзионного пенополистирола необходимо укладывать фильтрующий слой диффузионного полипропиленового геотекстильного материала (термоскрепленного геотекстиля) развесом ≥ 180 г/м² (рис. 9). Перехлесты полотнищ геотекстиля должны быть не менее 100 мм и обязательно свариваться горячим воздухом. Этот слой служит для предотвращения попадания мелких частиц в стыки теплоизоляционных плит, где они могут вызвать повреждения самих плит при замерзании — оттаивании, а также попадания частиц под теплоизоляцию, где они могут вызвать повреждение мембраны.



Ballasted laying system is used for roofs with parapets and not more than 3 % slope. As a vapor isolation roofing membrane is used. Ballasted system uses only XPS-plates as a heater.

The presented system uses polymeric membranes Logicroof. Roofing coat is kept by the heater and the ballast stacked on top. At junctions between the roof and the barrier walls, funnels, pipes, ventilation shafts, and other protruding elements, membrane is additionally attached to the ballast. It is also attached to the base with attachment devices, spaced at no more than 330 mm. There must be at least four attachment devices around small pipes. Attachment devices are installed in overlaps. The minimum overlap of panels in these places is 120 mm.

In order to prevent heater emergence in the gutters and the ridge, the ballast weight is increased. In order to improve filtration properties around funnels, ballast of larger fraction is used. As underlayment under any ballast on the top of extruded polystyrene foam it is necessary to lay filter layer of diffusion polypropylene geotextile (thermally geotextile) weighing ≥ 180 g/m² (Fig. 9). The overlaps of geotextile panels should not be less than 100 mm and always welded with hot air. This layer prevents small particles in the joints of insulation plates, where they can cause damage to plates themselves during freezing or thawing, and the ingress of particles under the thermal insulation where they can cause damage to the membrane.

Рис. 9. Пример пирога инверсионной кровли: 1 — балласт; 2 — термоскрепленный геотекстиль; 3 — XPS-плита; 4 — термообработанный геотекстиль 150 г/м²; 5 — полимерная мембрана; 6 — термообработанный геотекстиль 300 г/м²; 7 — цементно-песчаная стяжка; 8 — несущее основание

Fig. 9. The scheme of roof inversion: 1 — ballast; 2 — heat-bonded geotextile; 3 — EPF plate; 4 — heat-treated geotextile 150 g/m²; 5 — polymer membrane; 6 — heat-treated geotextile 300 g/m²; 7 — cement-sand screed; 8 — load-bearing base

В качестве балласта для эксплуатируемых кровель с пешеходными нагрузками применяется тротуарная плитка толщиной не менее 40 мм, укладываемая на подставки или опоры. В «зеленой» кровле в качестве балласта применяется растительный грунт, укладываемый на дренажный слой Planter life. Особенность инверсионной системы состоит в том, что 90 % воды отводится с поверхности XPS-плит. Поэтому следует предусматривать два уровня отвода воды — с поверхности XPS-плит и с поверхности гидроизоляции.

Система клеевой полимерной кровли. Клеевая система укладки является наиболее востребованной системой при реконструкции и ремонте старых кровель. Основная проблема старых кровель, которые выполнялись в те времена, когда еще не было технологии механической фиксации, это специфичное основание, не предназначенное для установки крепежных элементов. Чаще всего это ребристые бетонные плиты с толщиной полки не более 30 мм. На поверхность плит наносились битумная пароизоляция, утеплитель и цементная стяжка толщиной 50 мм. На стяжку наносилось 2...4 слоя рубероида на горячем битуме. В таких кровлях одно из самых верных решений — клеевая кровельная конструкция (рис. 10).

As a ballast for accessible roofs with pedestrian loads, sidewalk tile of not less than 40 mm thick is placed on the stands or supports. In green roofs as a ballast we recommend to use vegetable soil laid on drainage layer Planter life. The peculiarity of the ballasted system is that 90 % of the water removes from the surface of XPS-plates. Thus, there should be two levels of water removal — from the surface of XPS-plates and from insulation surface.

The adhesive polymeric roofing system. The glueing system of laying is the most popular system in the renovation of old roofs. The main problem of old roofs, which were performed in the days when there was no technology of mechanical fixation, is a specific basis, which is not intended for attachment devices. Most often they present ribbed concrete slabs with the shelves not more than 30 mm thick. On the plate surface there was applied bitumen vapor barrier, insulation and cement screed of 50 mm thick. 2—4 layers of hot bitumen was put on the screed. One of the most accurate decisions in such roofing is an adhesive roof structure (Fig. 10).

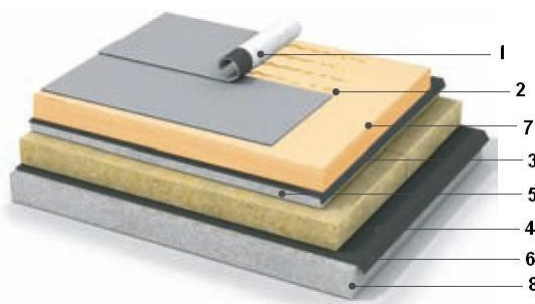


Рис. 10. Клеевая полимерная кровля: 1 — полимерная мембрана с флисовой подложкой; 2 — монтажный клей; 3 — старый битумный ковер; 4 — существующий утеплитель; 5 — существующая цементно-песчаная стяжка; 6 — существующая пароизоляция; 7 — XPS-плиты; 8 — несущее основание

Fig. 10. Adhesive polymeric roofing: 1 — polymer membrane with fleece backing; 2 — assembly adhesive; 3 — the old asphalt coat; 4 — existing heater; 5 — existing cement-sand screed; 6 — the existing vapor isolation; 7 — XPS-plates; 8 — load-bearing

В клеевой системе применяются мембраны со специальной флисовой подложкой, которая не только обеспечивает механическое разделение старого и нового слоев, но и надежную фиксацию материала при помощи клеевого состава. Рулоны мембраны имеют сбоку поле без флиса для возможности сварки полотнищ при помощи горячего воздуха.

При доутеплении кровли используется XPS-плиты. Плиты утеплителя имеют практически ну-

The glue system membranes with special fleece backing are uses, which not only provides mechanical separation of old and new layers, but also ensures reliable fixation of the material by means of glue. The sides of membrane rolls have no fleece for welding panels by means of hot air.

EPF plates are used for additional insulation. Insulation plates have zero

левое водопоглощение, что позволяет гарантировать неизменность теплотехнических свойств утеплителя и всей конструкции даже в случае их увлажнения во время производства работ. Плиты утеплителя приклеиваются на двухкомпонентный битумно-полимерный клей, имеющий высокую адгезию к битумным и полимерно-битумным материалам и XPS-плитам.

Клей наносится порционными частями размером с ладонь на нижнюю поверхность плиты с помощью шпателя. Клей твердеет в течение 2 ч. Благодаря своей достаточно густой структуре двухкомпонентный битумно-полимерный клей способен заполнять мелкие неровности кровельного основания величиной до 5 мм. Приклейка гидроизоляционной мембраны возможна уже через 4 ч после укладки теплоизоляционного материала. Расход клея составляет примерно 1,5 кг на 1 м² площади кровли.

Приклейка мембраны к основанию или теплоизоляции осуществляется полиуретановым клеем с расходом около 300 г/м². Мембрана приклеивается на основание с перехлестом смежных полотнищ (продольным и торцевым) не менее 80 мм. На основной плоскости кровли допускается полосовая приклейка мембраны с площадью приклейки не менее 30 %. На вертикальных поверхностях и местах перехода на вертикаль полимерная мембрана приклеивается по всей плоскости. Продольные и поперечные швы смежных полотнищ мембраны не проклеиваются монтажным клеем. Не допускается попадание клея в область будущего сварного шва. Швы свариваются специальным оборудованием при помощи горячего воздуха. Ширина сварного шва должна быть не менее 30 мм.

Использование экструзионного пенополистирола позволяет формировать кровельную изоляционную оболочку здания с высокими теплофизическими показателями и высокой долговечностью конструкции в целом. Существующие ограничения [13] связаны, во-первых, с горючестью теплоизоляции, а во-вторых, с ее несовместимостью с полимерными финишными покрытиями, например, ПВХ мембранами. В первом случае в конструкциях используют огнезащитные слои, такие как балласт и прочие, а во втором — обязательным является наличие разделительного слоя. Расширение номенклатуры XPS-плит и появление изделий с большей огнестойкостью и повышенными прочностными характеристиками позволяет расширить область применения этих изделий. В частности, в системах эксплуатируемых кровель.

water absorption, that ensures the invariance of insulation properties of the whole structure even in case of moisture. Insulation plates are glued with two-component bituminous-polymer adhesive with high adhesion of bitumen and polymer-bitumen materials and EPF plates.

Glue is applied by hand portions on the bottom plate surface with a spatula. It hardens within 2 hours. Due to its sufficiently dense structure of two-component bituminous-polymeric, the glue fills small inequalities of the base, sized up to 5 mm. Gluing of waterproofing membrane is already possible in 4 hours after laying insulation. Glue spread is approximately 1.5 kg per 1 m² of the roof.

The glueing of a membrane to the basis or the insulation is made with polyurethane glue with a spread of about 300 g/m². Membrane is attached to the base with overlapping adjacent panels (longitudinal and edge) not less than 80 mm. On the roof base, a strip glueing of a membrane with a gluing area not less than 30 % is possible. Polymer membrane is glued over the entire vertical surfaces and at the junctions. Longitudinal and cross joints of adjacent panels membrane must not be glued with assembly adhesive. Do not let the glue to the area of joint weld. Joints are welded with special equipment by means of hot air. Joint weld width should not be less than 30 mm.

The use of extruded polystyrene foam helps to form roof insulating jacket of the building with high thermophysical indexes and high durability as a whole. Possible limitations [13] are connected, first, with insulation flammability, and secondly with its incompatibility with polymeric finishing coatings, such as PVC membranes. In the first case they use fire-resistant layers, such as ballast, etc., in the second, there has to be a separation layer. The expansion of EPF plate production and products with higher fire resistance and enhanced strength characteristics allows extending the scope of use of these products. Particularly, in accessible roof system.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ
СПИСОК

REFERENCES

1. EN 13163:2008 E. Thermal insulation products for buildings — Factory made products of expanded polystyrene (EPS) — Specification. European Committee for Standardization. 2008. 48 p.
2. BS EN 826:1996 E. Thermal insulating products for building applications. Determination of compression behaviour. British-Adopted European Standard. 1996. 15 p.
3. Гнип И.Я., Кершулис В.И., Вайткус С.И., Веялис С.А., Еферина Т.В., Хилов К.В. Прогнозирование деформативности пенополистирола при длительном сжатии // Строительные материалы. 2005. № 6. С. 7—11.
4. Савкин Ю.В. Российский рынок пенополистирола: задачи, достижения, перспективы // Строительные материалы. 2012. № 2. С. 18—21.
5. Румянцев Б.М., Жуков А.Д., Смирнова Т.В. Теплопроводность высокопористых материалов // Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 108—114.
6. Гнип И.Я., Веялис С., Вайткус С. Теплопроводность полистирольного пенопласта (ВПС) при средней температуре +10 °С // Строительные материалы. 2012. № 4. С. 56—59.
7. Баталин Б.С., Карманов В.В., Кетов А.А. Пожарная опасность пенополистирола самозатухающего // Строительные материалы. 2012. № 8. С. 69—72.
8. Румянцев Б.М., Жуков А.Д. Принципы создания новых строительных материалов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер. : Политематическая. 2012. Вып. 3 (23). Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru>.
9. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Sapelin A.N., Naumova N.V., Chkunin A.S. Composite wall material // Italian Science Review. 2014. Vol. 2 (11). Pp. 155—157.
10. EN 14933:2007 E. Thermal insulating and light weight products for civil engineering applications — Factory made products of expanded polystyrene (EPS) — Specification. European Committee for Standardization. 2007. 32 p.
11. Gnip I.Y., Vaitkus S., Kersulis V., Vejelis S. Experiments for the long-term prediction of creep strain of expanded polystyrene under compressive stress // Polymer Testing. 2010. No. 29. Pp. 693—700.
12. Veyalis S., Gnip I.Ya., Vaitkus S., Kershulis V. Deformability of expanded polystyrene EPS 200 under long-term compression // Mechanics of Composite Materials. 2010. Vol. 46. No. 5. Pp. 505—512.
13. Румянцев Б.М., Жуков А.Д. Эксперимент и моделирование при создании новых изоляционных и отделочных материалов : монография. М. : МГСУ, 2013. 155 с.
1. EN 13163:2008 E. Thermal Insulation Products for Buildings — Factory Made Products of Expanded Polystyrene (EPS) — Specification. European Committee for Standardization. 2008, 48 p.
2. EN 826:1996 E. Thermal Insulating Products for Building Applications. Determination of Compression Behaviour. British-Adopted European Standard. 1996, 15 p.
3. Gnip I.Ya., Kershulis V.I., Vaytkus S.I., Veyalis S.A., Eferina T.V., Khilov K.V. Prognozirovanie deformativnosti penopolistirola pri dlitel'nom szhatii [Forecast of Polystyrene Deformation under Longtime Pressure]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2005, no. 6, pp. 7—11.
4. Savkin Yu.V. Rossiyskiy rynek penopolistirola: zadachi, dostizheniya, perspektivy [Russian Polystyrene Market. Problems, Improvements, Perspectives]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2012, no. 2, pp. 18—21.
5. Rumyantsev B.M., Zhukov A.D., Smirnova T.V. Teploprovodnost' vysokoporistyykh materialov [Thermal Conductivity of Highly Porous Materials]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 3, pp. 108—114.
6. Gnip I.Ya., Veyalis S., Vaytkus S. Teploprovodnost' polistirolnogo penoplasta (VPS) pri sredney temperature +10 °C [Heat Conductivity of Polystyrene Expanded Plastic at Medium Temperature +10 °C]. *Stroitel'nye materialy* [Structural Materials]. 2012, no. 4, pp. 56—59.
7. Batalin B.S., Karmanov V.V., Ketov A.A. Pozharnaya opasnost' penopolistirola samozatukhayushchego [Fire Risk of Self-extinguishing Polyesterene]. *Stroitel'nye materialy* [Structural Materials]. 2012, no. 8, pp. 69—72.
8. Rumyantsev B.M. Zhukov A.D. Printsipy sozdaniya novykh stroitel'nykh materialov [Principles of New Structural Materials Development]. *Internet-vestnik VolgGASU. Seriya: Politematicheskaya* [Electronic Journal of Volgograd State Architectural University of Civil Engineering. Polytopical Series]. 2012, vol. 3 (23). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru>.
9. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Sapelin A.N., Naumova N.V., Chkunin A.S. Composite Wall Material. *Italian Science Review*. 2014, no. 2 (11), pp. 155—157.
10. EN 14933:2007 E. Thermal Insulating and Light Weight Products for Civil Engineering Applications — Factory Made Products of Expanded Polystyrene (EPS) — Specification. European Committee for Standardization. 2007, 32 p.
11. Gnip I.Y., Vaitkus S., Kersulis V., Vejelis S. Experiments for the Long-term Prediction of Creep Strain of Expanded Polystyrene under Compressive Stress. *Polymer Testing*. 2010, no. 29, pp. 693—700.
12. Veyalis S., Gnip I.Ya., Vaitkus S., Kershulis V. Deformability of Expanded Polystyrene EPS 200 under Long-term Compression. *Mechanics of Composite Materials*. 2010, vol. 46, no. 5, pp. 505—512.
13. Rumyantsev B.M., Zhukov A.D. *Ekspieriment i modelirovanie pri sozdanii novykh izolyatsionnykh i otdelochnykh materialov : monografiya* [Experiment and Design in Creating New Isolated and Finishing Materials]. Moscow, MGSU Publ., 2013, 155 p.

Поступила в редакцию в июне 2014 г.

Received in June 2014.

Об авторах: **Жуков Алексей Дмитриевич** — кандидат технических наук, профессор кафедры технологии отделочных и изоляционных материалов, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, lj211@yandex.ru;

Матвеев Артем Владимирович — аспирант кафедры технологии отделочных и изоляционных материалов, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kymite71@mail.ru;

Аристов Денис Иванович — студент Института строительства и архитектуры, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, den93adi@mail.ru;

Пятаев Евгений Равильевич — студент Института строительства и архитектуры, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, pyatay92@mail.ru.

About the authors: **Zhukov Aleksey Dmitrievich** — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Finishing and Insulation Materials Technology, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; lj211@yandex.ru;

Matveev Artem Vladimirovich — postgraduate student, Department of Finishing and Insulation Materials Technology, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; kymite71@mail.ru;

Aristov Denis Ivanovich — student, Institute of Construction and Architecture, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; den93adi@mail.ru;

Pyataev Evgeniy Ravil'evich — student, Institute of Construction and Architecture, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; pyatay92@mail.ru.

Для цитирования:

Жуков А.Д., Матвеев А.В., Аристов Д.И., Пятаев Е.Р. Экструзионный пенополистирол в системах плоских кровель [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. 2014. № 3. Ст. 2. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Zhukov A.D., Matveev A.V., Aristov D.I., Pyataev E.R. Ekstruzionny penopolistiroл v sistemakh ploskikh krovel' [Extruded Polystyrene Foam in Flat Roofs]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2014, no. 3, paper 2. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.