



ЗЕЛЁНЫЕ КРЫШИ ГАМБУРГА. ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗЕЛЁНЫХ КРЫШ. ОБЗОР И ОБОСНОВАНИЕ

ОБЗОР

Благодаря своей текущей жилищной программе и развитию коммерческих объектов, Сенат Свободного и Ганзейского города Гамбурга устанавливает новые стандарты. Его цель —

ежегодно возводить как минимум 10 000 квартир и развивать новые коммерческие объекты. В результате произойдет уплотнение города. Это будет оказывать заметное влия-

ние на климат и количество открытого пространства.

У гамбургских крыш есть огромный потенциал смягчить эти последствия. Страте-

гия гамбургских зеленых крыш преследует цель развития нового открытого пространства на крышах. А также воспользоваться преимуществом зеленых крыш как источником для сохранения дождевой воды и улучшения климатических характеристик.

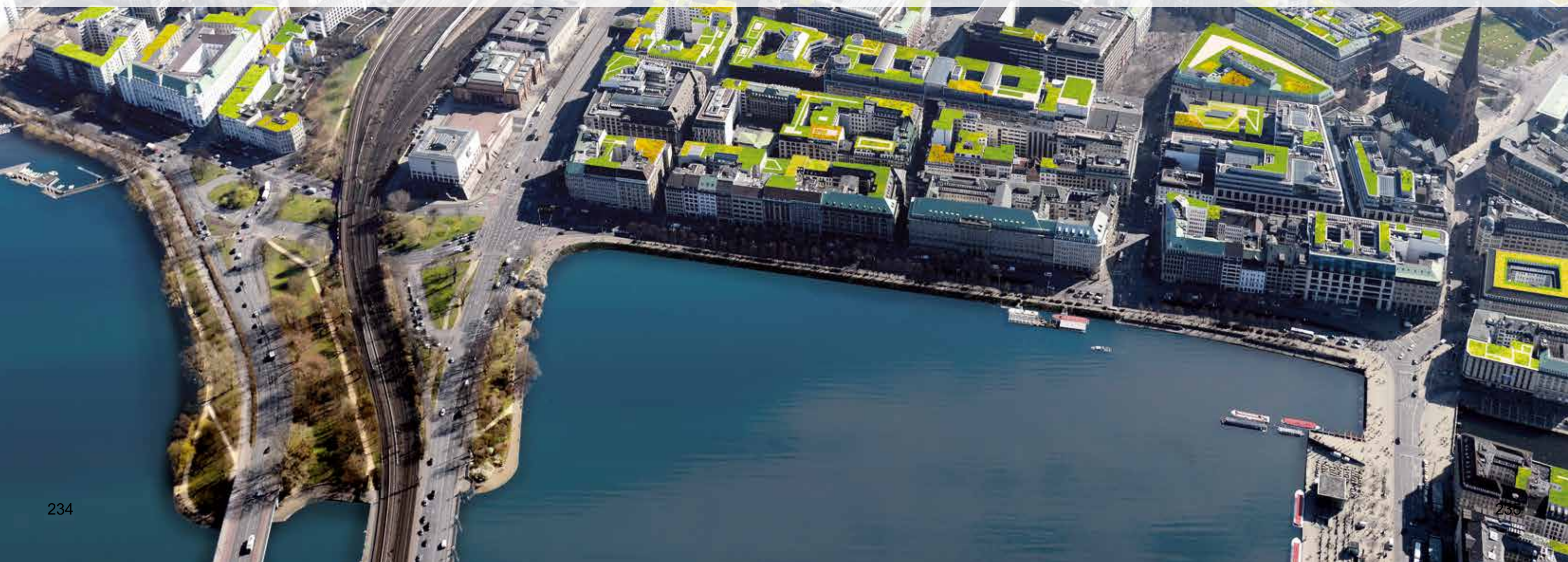
Эта публикация посвящена экономическим аспектам зеленых крыш в Гамбурге. Рассматривая создание более десятка зеленых крыш в Ганзейском городе, учитываются инвестиции и расходы на техническое обслуживание, а также экономические выгоды и последствия.

Здесь рассматриваются все вопросы, связанные с планированием зданий и стоимостью зеленых крыш. В статье найдутся убедительные аргументы для инвестирования в зеленые крыши и для владельцев недвижимости и для других людей, принимающих решения.

Результаты этого исследования показывают, что, чем раньше и более последовательно тема становится частью процесса планирования, тем наиболее целесообразны инвестиции в зеленые крыши.

Затраты на строительство зеленой крыши, составляет при-

мерно 1,3% от общей стоимости строительства всего здания. В многоэтажных жилых домах эта часть затрат может снизиться до 0,4% от общей стоимости затрат. При сравнении долгосрочного периода в 40 лет стоимость обычных крыш (без озеленения) и зеленых крыш примерно одинакова.





ЦЕЛЬ И ПОДХОД

Существует множество причин для строительства зеленых крыш в условиях городов с плотной застройкой. Возможно ли экономическое сравнение зеленых и обычных крыш, зависит от множества различных факторов. В этом экономическом исследовании были оценены и использованы в качестве основы текущие производственные и эксплуатационные расходы различных строительных проектов Гамбурга. К сведению были приняты различные стоимости: вложения и стоимость обслуживания самой зеленой крыши, доля стоимости зеленой крыши как часть стоимости всей крыши и часть стоимости строительства всего здания. А также соотношение стоимости зеленой крыши по отношению к полезной площади и стоимость обеспечения жизненного цикла на протяжении 40 лет.

Эти данные являются результатом оценки реальной стоимости строительства зданий, так же как сравнения котировок цен по текущим предложениям. Кроме того, опросы экспертов показали, какие аспекты часто являются спорными в расчёте затрат и начислений в отношении зеленых крыш. Результаты этих опросов представлены тут.

СТРУКТУРА И ТИПЫ ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ

Основываясь на Руководстве по Зеленым Крышам опубликованном Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (Общество Ландшафтного Исследования, Развития и Строительства), каждая профессионально построенная зеленая крыша имеет следующую стандартную структуру (рис. 1) и начинается с корнеустойчивой гидроизоляции кровли:

- **Защитный слой:** защищает крышу. Гидроизоляция и/или защита от проникновения корней.
- **Дренажный слой:** благодаря объёму полости, там собирается лишняя вода и направляется к водостоку крыши. В то же время он обеспечивает хранение воды, увеличивает корневую зону и выполняет защитную функцию для структуры, расположенной ниже.
- **Фильтрующий слой:** предотвращает вымывание более мелких элементов почвы и субстрата из растительного слоя в дренажный слой. Тем самым уменьшая водопроницаемость этого слоя.
- **Растительный слой:** формирует основу роста растений и должен обеспечить сильный рост корней. Он состоит из субстрата или почвы, подготовленной в соответствии с определенными требованиями. Также этот слой называют подложкой.

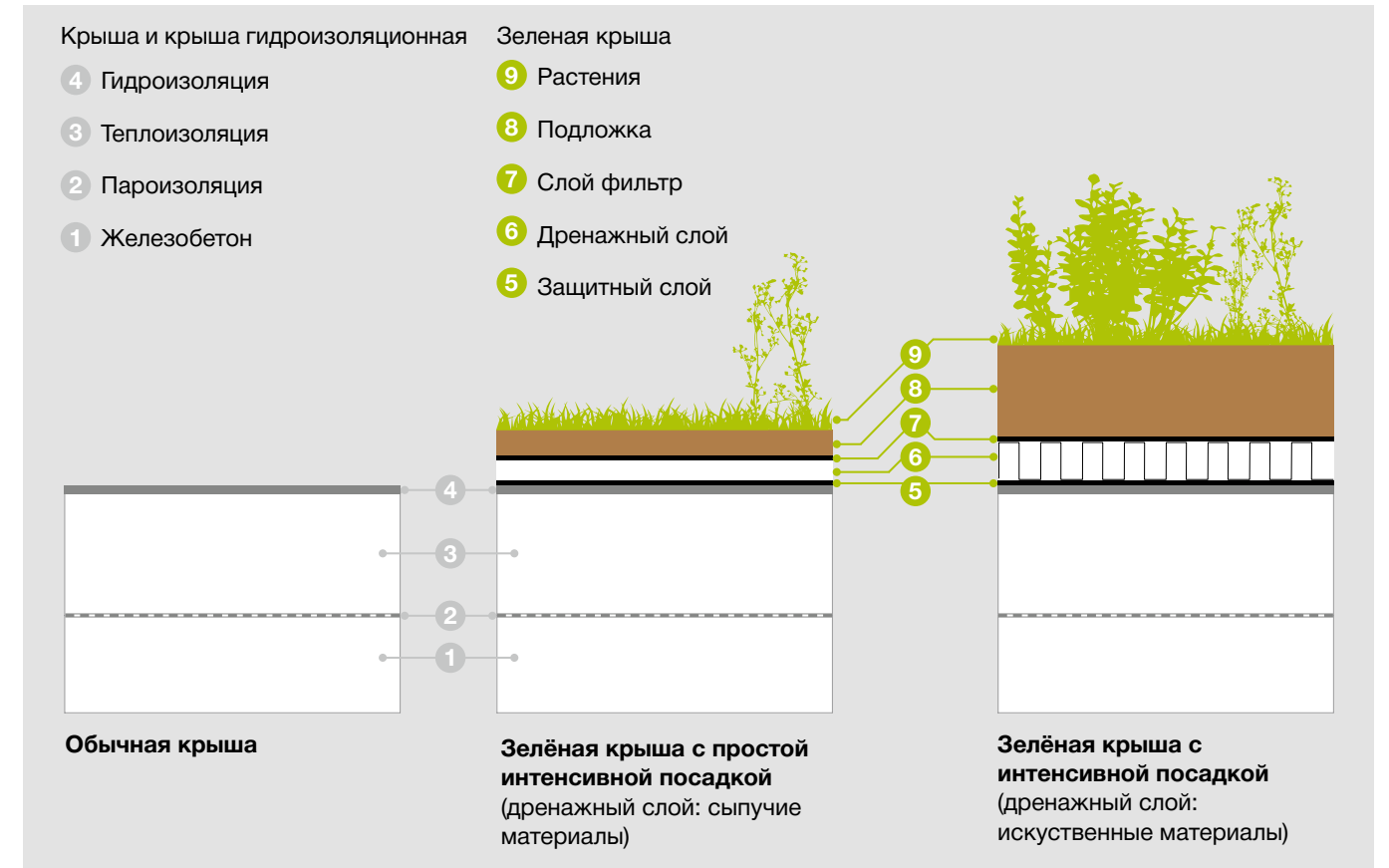


рис. 1 – Стандартная конструкция крыши (теплой крыши) без озеленения и крыши с озеленением

ТИПЫ ЗЕЛЁНЫХ КРЫШ

Существует три вида зелёных крыш. Тип крыши определяется техническими параметрами и типом конструкции. В свою очередь, тип определяет соответствующий выбор растений и внешний вид.

- **Крыши с интенсивным озеленением** могут состоять из многолетних растений, трав, лукович, летних цветов и кустарников. В отдельных случаях — из деревьев и газонов. Они могут быть плоскими, дифференцированными по высоте или точечными. Обладая соответствующими характеристиками, они сравнимы с наземным открытым пространством с точки зрения вариантов использования и дизайна. Этот тип озеленения может посто-

янно поддерживаться только посредством интенсивного ухода, особенно регулярного снабжения водой и питательными веществами.

- **Крыши с простым экстенсивным озеленением** обычно состоят из почвопокровных растений, злаков, многолетних растений и кустарников. Использование и дизайн таких растений в сравнении с интенсивным озеленением очень ограничен. Используемые растения менее требовательны к структуре слоя, а также к водоснабжению и питательным элементам. Это озеленение гораздо проще в создании и менее требовательно к обслуживанию, чем интенсивное озеленение. В зависимо-

сти от цели посадки, возможно использование самораспространяющейся растительности, например, почвопокровные растения и мхи.

- **Экстенсивное озеленение** крыш похоже на естественные формы растительности, которые являются самоподдерживающимися и самораспространяющимися.

Используются растения с высокой регенеративной способностью и особой приспособляемостью к экстремальным условиям. Усилия, связанные с созданием и поддержанием насаждений экстенсивных крыш в целом ниже, чем для насаждений интенсивных крыш.



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ ВО ВРЕМЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Во время рассмотрения затрат на зеленые крыши, очень интересно обнаружить, как стоимость распределяется между отдельными компонентами зеленой крыши и какова разница в цене между разными поставщиками.

Такое рассмотрение стало возможным благодаря сравнению предложенных цен для экстенсивной зелёной крыши в реальных предложениях 2016 г. для зеленой крыши примерно 300 кв.м.

Выводы:

- Цены меняются в зависимости от позиции, и в целом сильно различаются. Средние значения для отдельных видов работ трудно получить. В итоговых показателях различия

значительные. Варьируются между 10 500 евро (примерно 35 евро/кв. м. территории крыши) до 17 000 евро (примерно 58 евро/кв. м. территории крыши), что в 1,5 раза больше первого предложения. Это означает, что квалифицированное приглашение к участию в тендере и получение различных предложений может сильно повлиять на стоимость строительства.

- С другой стороны, пропорциональная стоимость за позицию в сравнении похожа. Самые дорогие позиции обычно включают дренажные элементы (в среднем 22,3% от общей сметы) и подложка (в среднем 20,6% от общей сметы), далее следует протяженность гравийной окантовки (в среднем 17,8% от общей сметы) и связанные с ней гравийные полосы. Подготовка к строительству и строительство обслуживающих дорог — это незначительные затраты.

- Оптимизация стоимости на зеленые крыши возможна для позиций, которые пропорционально дороже. Это достигается путем поиска альтернативы. Затраты могут быть снижены через модификацию структуры. Например: озеленение в один слой вместо нескольких, для дренажного слоя использовать сыпучий материал вместо пластика. Подложка, окантовка дренажей (подстилки из гравия вместо осмотровых шахт). Возможен отказ от окантовки гравием и уменьшение гравийных полос до размеров, регламентированных правилами пожарной безопасности (эксперт Б. В. Крупка, 2017).

- Возможна небольшая оптимизация цены в области комплексного ухода. Экономия в этой области должна быть исключена, для того чтобы достичь высокого качества и быстрого результата разрастания зеленой крыши.

СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПЛОЩАДЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Если затраты на зеленую крышу определяются относительно соответствующей площади крыши, становится очевидным, что затраты на самые экстенсивные зеленые крыши находятся в диапазоне 40–45 евро/кв.м. территории крыши (относительно всей территории крыши). Из этих средних затрат около 30% приходится на обслуживание гравийной полосы и гравийной кромки для зеленых крыш, которые при оптимизации затрат могут быть немного снижены.

Как и предполагалось, стоимость за квадратный метр (58 кв. м.) интенсивной зеленой крыши намного дороже из-за более требовательного характера посадки.

Однако у такой крыши имеется дополнительное преимущество — эстетическое.

ЗЕЛЁНЫЕ КРЫШИ И ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ (ИТ)

Стоимость зеленой крыши по отношению к рабочей территории варьируется от 11 до 61 евро/кв. м. Среднее значение 33 евро/кв. м. (см. рис. 4).

Примечательно, что экстенсивная зеленая крыша дома престарелых в Гамбурге (8) (ИТ: 5,360 кв. м.) меньше на 18 евро за квадратный метр по отношению к крыше (7) Varmbek-Sud (ИТ: 1,946 кв. м.). Это сравнение с 6-ти этажным жилым домом и одноэтажным спортивным зданием.

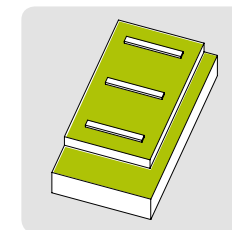
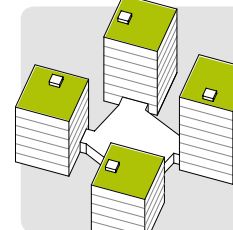
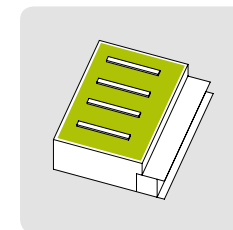
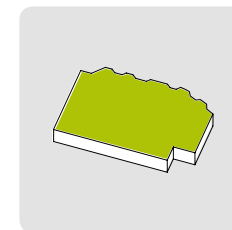
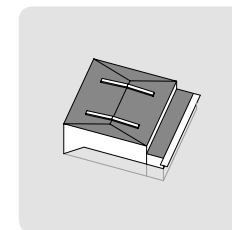
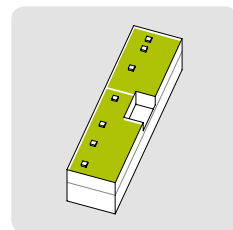
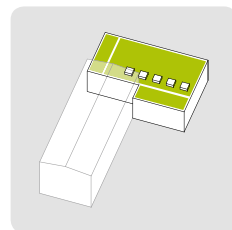
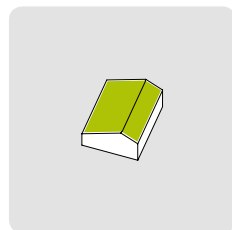
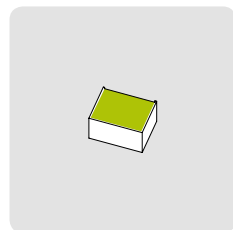
Это показывает позитивное влияние, которое многоэтажные дома оказывают на среднюю стоимость зеленых крыш

за используемую территорию, которая соответствует параметрам жилого строения.

СТОИМОСТЬ ЗЕЛЕННЫХ КРЫШ И СТОИМОСТЬ СТРОЕНИЙ

Для 1–2-х этажного здания, в среднем, стоимость зелёных крыш считается примерно 1,5% от стоимости строительства всего здания. В 6-ти этажном жилом доме в Гамбурге (8), часть стоимости зеленой крыши всего лишь 0,4%.

Интенсивное озеленение здания спортшколы, состоящей из 2-х частей, в Бармберк (3) тоже намного ниже среднего. С подсчетами затрат на зеленые крыши, примерно 0,6% от стоимости всего здания. Однако, только около половины всей территории было создано с дизайном зеленой крыши и имело большую стоимость с интенсивным озеленением.+



Building number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Main use	Станция службы спасения	Станция пожарников	Школа/Спорт	Станция службы спасения	Школа/Спорт	Магазин	Школа/Спорт	Комплекс дом престарелых	Спорт
Location									
Клиент	HGV (4) (B,C)	HGV (4) (B,C)	Школьное здание (D)	HGV (4) (B,C)	GMH (A)	SAGA (E)	Школьное здание (D)	SAGA (E)	Школьное здание (D)
Год постройки	2009	2016	2014	2016	2015	2006	2014	2015	2012
Используемая территория	232 м ²	349 м ²	⁽⁶⁾ 774 м ²	1.875 м ²	1.264 м ²	1.200 м ²	1.946 м ²	5.360 м ²	2.424 м ²
Стоимость строительства	569.902 €	1.015.979 €	5.849.707 €	5.763.807 €	2.188.961 €	1.327.513 €	4.986.069 €	15.303.054 €	4.699.416 €
Стоимость за 1м ² используемой территории (Евро/м ²)	2.456 €/м ²	2.909 €/м ²	1.987 €/м ²	3.074 €/м ²	1.732 €/м ²	1.106 €/м ²	2.562 €/м ²	2.855 €/м ²	1.939 €/м ²
Тип крыши	ЗК экстенсивная	ЗК экстенсивная	ЗК интенсивная	ЗК экстенсивная	Битум	ЗК экстенсивная	ЗК экстенсивная	ЗК экстенсивная	ЗК экстенсивная
Территория крыши	196 м ²	414 м ²	591 м ²	1.000 м ²	1.050 м ²	1.130 м ²	1.214 м ²	1.382 м ²	1.944 м ²
Стоимость зел.крыши	14.242 €	18.077 €	34.562 €	43.361,22 €	-	33.096 €	57.204 €	59.305 €	103.533 €
Стоимость зел.крыши за м ²	73 €/м ²	44 €/м ²	58 €/м ²	43 €/м ²	-	29 €/м ²	47 €/м ²	43 €/м ²	53 €/м ²
Стоимость крыши (Евро)	48.319 €	57.685 €	-	210.876 €	138.362 €	-	-	-	390.515 €
% соотношение затрат на зелёную крышу от стоимости застройки всего здания	2,5 %	1,8 %	0,6 %	0,75 %	⁽⁶⁾ 1,4 %	2,5 %	1,2 %	0,39 %	2,2 %
Стоимость водонепроницаемой защиты для крыши за 1м ² территории крыши	-	-	-	-	30.690 € 29 €/м ²	21.098 € 19 €/м ²	-	-	-

Рис. 3 – Подборка зданий в Гамбурге, с озеленением и без

(1) Используемая территория, основываясь на DIN 277 территория пола и объема в индустрии здания (Строительство Здания) / (2) Затраты на Здание KG 300-400 опираясь на DIN 276-1 (стоимость в строительстве здания) / (3) Стоимость крыши: сумма стоимости всей крыши -относительно стоимости группы 360 (крыши)основываясь на DIN 276-1 / (4) Предоставленно Sprinkenhoff GmbH / (5) Используемая территория всего здания 2,944 м² / (6) - в данной ситуации крыша черная(не озеленённая). В подсчётах задействована система водозащиты. Все цены в евро и посчитаны основываясь на данных строительства от мая 2017



ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В дополнение к анализу затрат на строительство, экономический анализ жизненного цикла также включает рассмотрение расходов на уход, техническое обслуживание и ремонт, а также рассмотрение вопросов сноса и восстановления в конце срока службы. Более того, учтены сниженные затраты на дождевой дренаж.

СРОК СЛУЖБЫ

Уход начинается с комплексного подхода, который включает в себя все необходимые меры для выращивания растительности в первый год. Это тоже учитывается как часть затрат на строительство. Успешный рост означает, что 60% от всей подложки будет покрыто растительностью.

После окончательного исследования здания, основные сервисы по обслуживанию согласно DIN18919 становятся актуальными для долгосрочного сохранения преимуществ зеленой крыши. Предполагается, что для поддержания крыши необходимо 2–4 визита в год. Количество визитов зависит от типа посаженной растительности. Для ухода за экстенсивной зеленой крышей, возможно, понадобятся следующие работы: прополка, в частности, противопожарных полосах, обрезка, удобрение, орошение наклонных и особо открытых участков, пересад-

ка оголенных и эрозированных участков и меры защиты растений. Экстенсивные крыши считаются в основном самообслуживаемыми и простыми в обслуживании в долгосрочной перспективе.

ФАКТОРЫ И ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

Поскольку данные по уходу за зелеными крышами пока отсутствуют, эмпирические значения 0,50 евро/кв. м. до 2,00 евро/кв. м. площади растительности и года должны быть достаточными.

Стоимость зависит от размера крыши, доступности и конструкции зеленой крыши.

Другие непредвиденные расходы не были включены на рис. 5 и 6. Туда включены расходы на обслуживание незначительных починок и, в частности, экономия на энергетических затратах, которые положительно влияют на баланс в долгосрочной перспективе. Этот анализ сравнивает крышу с битумным покрытием и среднюю стоимость четырех экстенсивных зеленых крыш (здания 4,6,7,8 рис. 3). Все эти крыши имеют примерно одинаковый размер от 1,000 до 1,300 м2. Для того, чтобы избежать искажения в сравнении крыш, различные затраты на гидроизоляцию были скорректированы (см.рис.5). Примерный баланс включил в себя:

- Затраты на строительство зданий: исследуемые здания — смотрите статью Зелёные крыши Гамбурга.

- Ожидаемая стоимость обслуживания: 0,25 евро за 1 кв. м. для обычной крыши, 0,60 евро за 1 кв. м. для зеленой крыши.

- Стоимость дождевого дренажа: 0,73 евро/кв. м. в год — для обычной крыши, 50% от этого — для экстенсивной зелёной крыши.

Благодаря фактору герметизации крыша защищена от ультрафиолета и инфракрасной радиации, экстремальных погодных условий (таких, как град) и резких перепадов температуры, поэтому продолжительность жизни зеленой крыши увеличивается до 30–50 лет. Обычные крыши необходимо обновлять регулярно каждые 15–25 лет. Дополнительные расходы на снос старых крыш, не входящие в сравнение из-за отсутствия данных. Для этого сравнения были взяты периоды 40 и 20 лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На графике и в таблице, видно, что даже если иные положительные факторы стоимости игнорируются, зелёные крыши могут, в долгосрочном периоде, иметь похожую или даже меньшую стоимость, чем битуменные крыши.

Результаты такие же, как были выявлены несколькими авторами ещё в конце 1990-х г., которые установили долгосрочные финансовые преимущества зелёных крыш над не зелёными крышами.

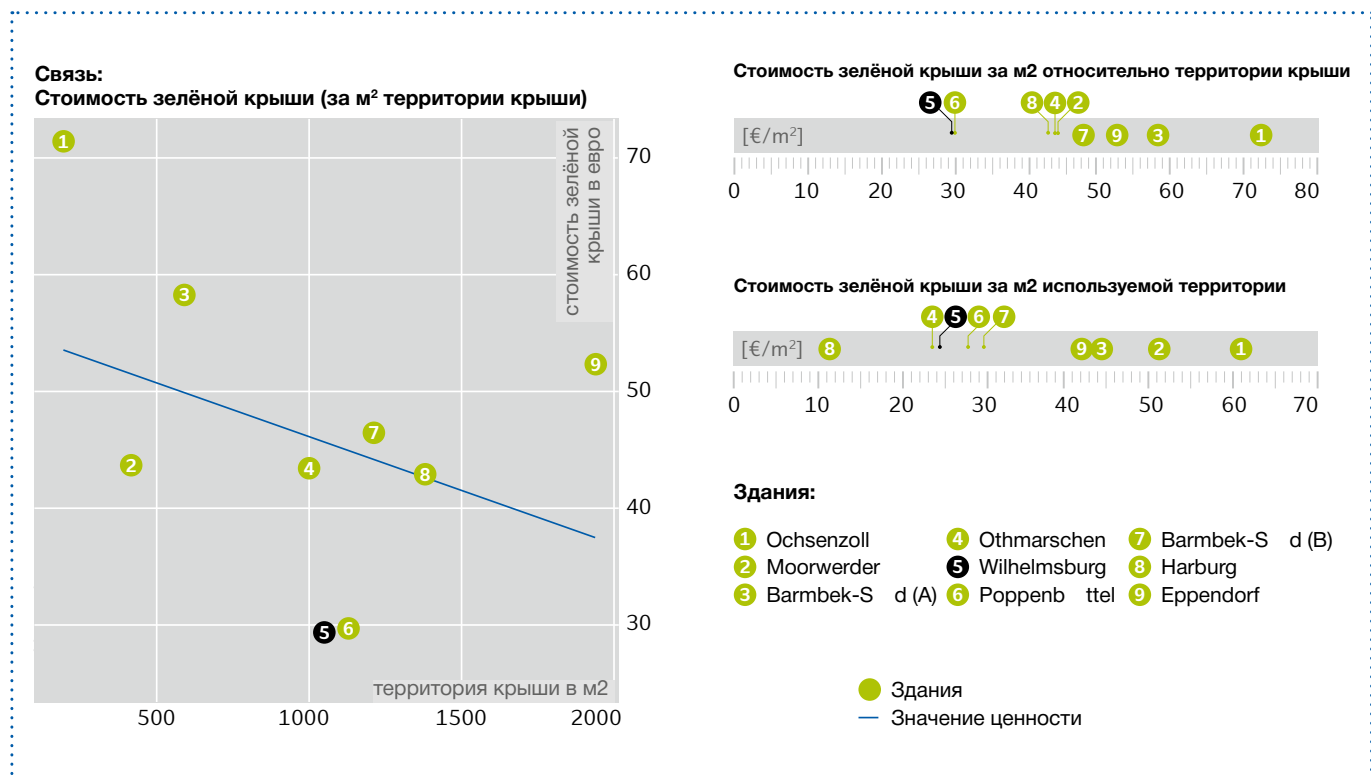


рис.4- Стоимость зелёной крыши по отношению к территории крыши и и используемая территория



ТИПЫ СТОИМОСТИ	ЗЕЛЁНАЯ КРЫША (1.000 м ²)	ЧЁРНАЯ КРЫША (1.000 м ²)
1. Разовая расходы		
Стоимость строительства	65.000	24.000
Стоимость зелёной крыши (евро/м ²) ⁽¹⁾	41	
Sealing costs (евро/м ²) ⁽²⁾	24	24
Реконструкция через 20 лет (евро) ⁽³⁾	0	43.347
Сумма разовых затрат	65.000	67.347
2. Текущие расходы (более 40 лет)		
Расходы на обслуживание (годовые: зелёные крыши 0.60 евро м ² , битумная крыша 0.25 евро/м ²) ⁽³⁾	24.102	10.043
Оплата за обслуживание дождевой воды (евро)	14.235	28.470
Сумма текущих расходов	38.337	38.513
Общая стоимость за 40-летний период(евро)	103.337	105.859
Различие в стоимости по сравнению с зелёными крышами(евро)		+ 2.522
Общая стоимость за 40-летний период(евро/м²)	103	106
Различие в стоимости по сравнению с зелёными крышами(евро/м ²)		+ 3

(1) (1) Среднее количество зданий 4, 6, 7, 8 рис. 3 / (2) Средний объём реальных затрат для получения одинаковой базы / (3) Interest rate: 3% в год

рис.5 Оценка Экономического жизненного цикла

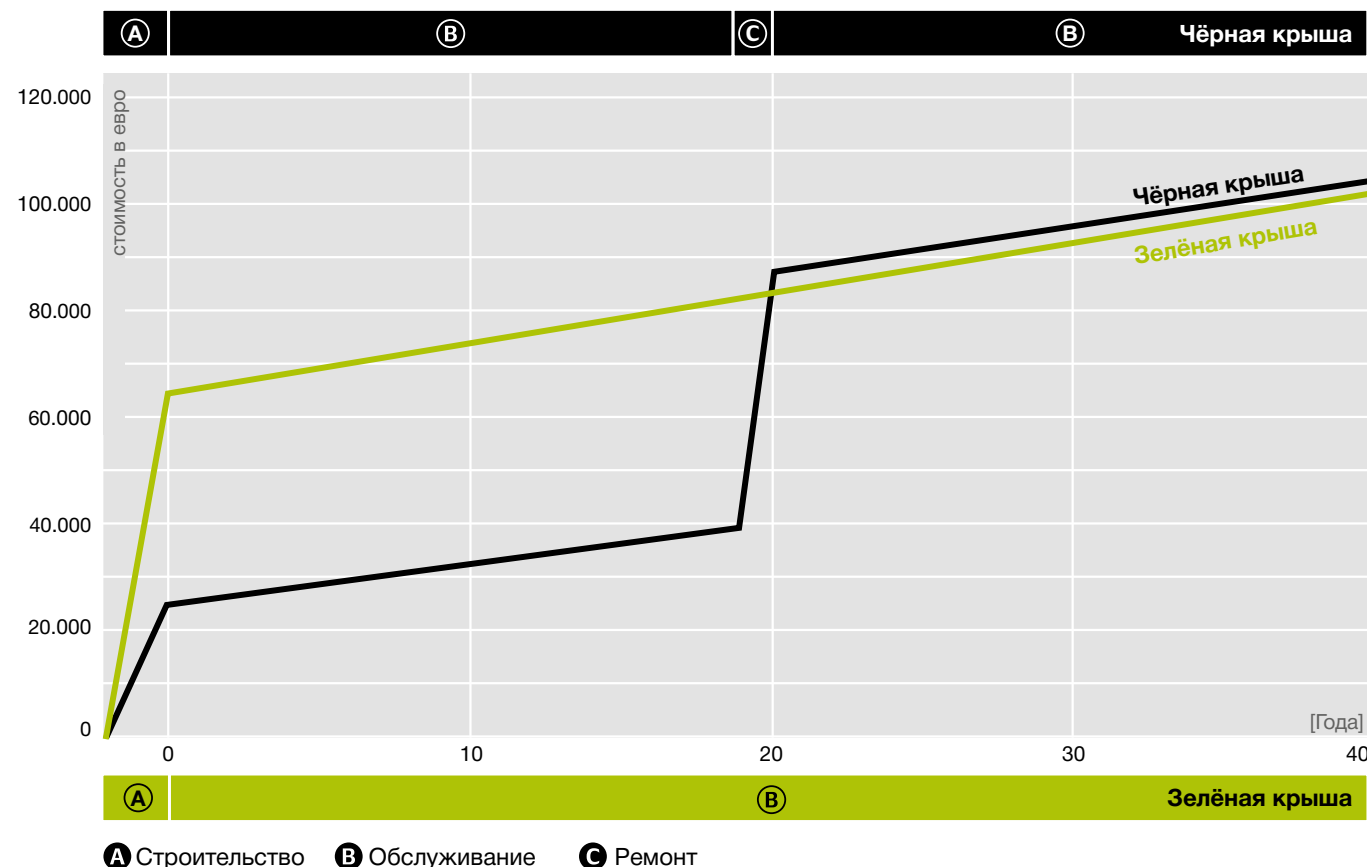


Рис.6 График демонстрирует оценку жизненного цикла за 40 лет



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЫГОДА

Презентабельное озеленение здания приводит к увеличению ценности объекта недвижимости и росту имиджа. Если озеленение крыш запланировано как пригодное для использования и архитектурно грамотно интегрировано, то все извлекают пользу — и владельцы здания, и его обитатели. Опираясь на подсчёты сделанные TUV Sudddeutschland, финансовая “ценность, добавленная зеленью” от использования интенсивных зелёных крыш, была на 6–8% больше дохода от аренды.

• Использование зелёных крыш — среда обитания

С небольшими дополнительными усилиями зелёные крыши могут быть спроектированы как доступное открытое пространство.

Это пространство может быть доступно владельцам, арен-

даторам и/или сотрудникам. Особенно в густонаселённых городских районах — дополнять ограниченное количество общественных мест для отдыха, здоровья и досуга. Зелёные крыши создают дополнительное зелёное пространство без дополнительных затрат на приобретение земли.

• Выгода в использовании крыш

Компании, активно занимающиеся озеленением крыш, демонстрируют, что их действия постоянно вносят вклад в разнообразие городской природы, тем самым получают преимущества перед конкурентами. В рамках сертификации DGNB для постоянного строительства, зелёные крыши оцениваются положительно.

В соответствии с природоохранными мерами и нормативными актами о компенсации вмешательства в природу, зелёные крыши включаются в баланс в качестве компенсационной меры. Таким образом,

вмешательство в экологические условия объекта может быть частично компенсировано непосредственно на объекте, с использованием зелёных крыш, а потребность в дорогостоящих компенсационных мерах в других местах, может быть сокращена.

Хотя согласно текущему состоянию исследований в области строительства, эти и последующие аспекты пока еще не поддаются четкому количественному измерению в денежном выражении, но согласно эмпирическим оценкам и расчетам они действительно обеспечивают финансовое преимущество.

Синергические эффекты изоляции

Элементы зелёных крыш изготовлены из элементов, сертифицированных по своим изоляционным характеристикам, таким образом, можно сэкономить на затратах на строительство. Зелёная крыша будет включена в смету как функ-



циональный, интегрированный компонент крыши вместо того, чтобы рассматриваться как дополнительные затраты, так как возможна экономия на изоляционном слое. Отопление зимой будет обходиться дешевле, а летом охлаждение через испарение и тепловая инерция живой крыши будет обеспечивать прохладную температуру, особенно на часто перегретых верхних этажах. Такой способ охлаждения имеет финансовое преимущество: эксплуатационные затраты на энергию (и выброс CO₂) снижаются. Можно закупить меньшего размера системы охлаждения. В случае больших помещений, строительство систем охлаждения возможно избежать, что приведёт к постоянному снижению затрат на энергию.

- **В комбинации с фотоэлектрическими модулями**

Зеленые крыши летом зачастую на 40 °С прохладнее, чем крыши, покрытые битумом. Они служат основой для мон-

тажа элементов фотоэлектрических модулей, повышая эффективность на 3% в год. Это сокращает период окупаемости таких вложений.

- **Климат местности и улучшение воздуха**

Летом на крыше и вокруг здания, микроклимат становится прохладнее. Это происходит благодаря испарению охлаждающих эффектов дышащей крыши. Когда в жаркие дни вода испаряется до 0,5 л/кв. м. через поверхность листьев, влажность воздуха увеличивается. А также, сокращается до 20% различных видов загрязнения воздуха. Например, зеленые крыши могут притягивать частицы пыли.

- **Постоянное управление водными ресурсами**

Экстенсивные зеленые крыши удерживают от 50 до 70% годовых осадков и от 30 до 40% сильного дождя. Вода либо испаряется, либо чуть позже с уменьшенным пото-

ком уходит через дренажную систему. В дальнейшем такой эффект может быть увеличен с использованием специального удерживающего покрытия. В результате это приведёт к сокращению систем инфильтрации или систем удержания воды, что также поможет сэкономить расходы.

При достаточном количестве воды, возможно сочетание зеленых крыш с системами сбора дождевой воды. Функция фильтрации зеленых крыш изменяет только цвет воды, которую свободно можно использовать для системы полива. Двойная экономия: используя дополнительный резервуар, здание может быть абсолютно избавлено от платежей за дренаж дождевой воды, и в то же время стоимость питьевой воды тоже может быть снижена за счет использования воды, собранной с зеленой крыши, для хозяйственных нужд.

- **Влияние на внутригородской климат**

Изменения климата ведут не только к увеличению количества сильных осадков, но также и к более затяжным и частым жарким периодам. Не нужно игнорировать возможность положительного влияния зеленых крыш на климат вокруг зданий. Это может повлиять на привлекательность всего района. Однако желаемого эффекта возможно добиться, только если зеленые крыши построены на территории всего города.

Так называемые «непрямые дополнительные затраты на зеленые крыши» часто включают в обсуждение стоимости зеленых крыш. Поэтому это исследование включило в себя несколько технических дискуссий с архитекторами, инженерами-строителями и супервайзерами относительно следующих аспектов, и краткие пояснения подведения итогов обсуждения.

- **Высота мансарды**

Если высота мансарды изначально не достаточная, возможно высоту мансарды зелёной крыши следует поднять на 10 сантиметров. Если мансарда поднята на 10 см, это обойдется примерно 15–20 евро за погонный метр в зависимости от дизайна (фасады встречаются кирпичные или штукатурные) (профессор Доктор Ханс-Германн Сасс, структурный инженер, 2017). Относительно одного квадратного метра зелёной крыши, стоимость составит примерно 6,50 евро до 8,50 евро за квадратный метр крыши для фасада со штукатуркой или облицовка мансарды должна быть посчитана следующим образом (пример на стр. 9, примерно 130 м границы кромки крыши и 300 кв. м. поверхности крыши). Однако, после реализации множества проектов зеленых крыш (как новые постройки, так и реконструкция) найдены альтернативные решения избежать таких затрат.

Основываясь на требованиях DIN, в строительстве зеленых крыш часто используется отшлифованная гравийная полоса, чтобы не допустить её соприкосновения с мансардой, что исключает необходимость в более высокой конструкции. В зависимости от ветровой нагрузки полоса кровли между гравийной кромкой и мансардой защищается гравием или бетонными плитами.

- **Статическая нагрузка**

Учёт дополнительной нагрузки относительно статической зависит от выбранной конструкции крыши и желаемого типа зелёной крыши. Для гравийной кровли должна быть предусмотрена нагрузка в 100 кг/кв. м., что соответствует обычному среднему значению для стандартной экстенсивной зелёной крыши (80–200 кг/кв. м.) и, следовательно, не приводит к дополнительным расходам.

Если зелёная крыша запланирована (независимо от гравийной кровли) для железобе-



тонной кровли, использующей сплошную конструкцию, с битумным или пластиковым покрытием в качестве защитного слоя, по конструктивным соображениям должно быть предусмотрено около 2 кг дополнительного армирования на 1 кв. м. площади крыши. Фундаменты не должны быть усилены, так как нагрузки слишком маленькие.

По мнению экспертов, дополнительные затраты на экстенсивное озеленение крыши, с точки зрения общей статистики, составляют 3–4 евро за кв.м. площади крыши. С плоским деревянным типом конструкции крыши, следует учитывать усиление балок, которое может привести к дополнительным затратам 6–7 евро/кв. м. крыши, если зелёная крыша засажена растениями (профессор Доктор Ханс-Германн Сасс, структурный инженер, 2017).

- Гидроизоляция крыши
Согласно FLL, затраты на конструкцию гидроизоляции крыши, устойчивой к росту корневой системы, варьируются в зависимости от продукта и являются нейтральными по сравнению с неустойчивой к корням системой гидроизоляции, если она выбрана правильно. По этой причине устойчивые к росту корней системы гидроизоляции крыши в настоящее время обычно используются на практике, даже когда не делается зелёная крыша, так как существует необходимость минимизировать риск проникновения корней, вызванного ростом сорной растительности.
- Процесс строительства и возведение лесов.
Многие факторы влияют на процесс строительства. Если процесс строительства грамотно спланирован, то стро-

ительство зелёной крыши займёт не больше времени, чем строительство обычной крыши. Как правило, не требуется возведение каких-либо особых лесов, для строительства зелёных крыш, так как материалы на крышу доставляются с помощью крана или насоса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После изучения всех данных, в заключении можно сказать, что благодаря зелёным крышам, особенно в многоэтажных жилых зданиях, увеличение затрат возможно снизить до менее 1% от общей стоимости проекта. Долгосрочные затраты на строительство и содержание зелёных крыш за более чем 40 лет сравнимы с затратами на обычные крыши. Цены, предоставленные участниками рынка зелёных крыш, очень разнообразны.

Для того, чтобы снизить стоимость, рекомендуется сравнить несколько предложений от разных компаний, которые используют системы, сделанные различными производителями, в том числе и для того, чтобы оптимизировать использование строительных материалов и методы технического строительства, во время планирования.

Выводы:

- Из-за того, что у зелёных крыш различный дизайн и условия строительства, сравнение их стоимости может быть сделано с большой осторожностью.
- Стоимость строительства экстенсивных зелёных крыш зависит от выбора типа озеленения и выбора соответствующей растительности. Стоимость варьируется от 40 до 45 евро/кв. м. территории крыши.
- За квадратный метр запланированной полезной площади, в основном примеры изу-

ченных одноэтажных зданий требуют около 32 евро/кв. м. для экстенсивной крыши. Однако, в случае шестиэтажного здания, стоимость на много меньше — 9 евро/кв. м.

- По мнению экспертов, при грамотном планировании зелёных крыш дополнительных затрат, связанных с высотой парапетов или процессом строительства выявлено не было. Дополнительные затраты, связанные с затратами на экстенсивное озеленение, составляют порядка 3–4 евро/кв. м., а увеличение высоты парапетов не обязательно.
- Стоимость строительства зелёных крыш составляет около 1,3% от общей стоимости строительства здания. В шестиэтажном жилом доме, зелёные крыши составляют примерно 0,4% от общей стоимости строения здания.
- Возможность включения зелёных крыш в баланс компенсаций за вмешательство в соответствии с природоох-

ранными нормами снижает затраты на компенсацию, необходимые в других местах.

- Трудно определить экономическую ценность улучшения условий труда и жизни людей, улучшения архитектуры, микроклимата и звукоизоляции в воздухе, фильтрации загрязнителей воздуха, увеличения биоразнообразия и улучшения энергосбережения.
- Экономия в строительстве здания за счет зелёных крыш возможна за счет снижения расходов на дренаж, защиты крыш гидроизоляцией и повышения эффективности фотоэлектрических систем.
- В контексте DGNB (Немецкого Совета по Поддержке Строительства), отношение к зелёным крышам расценивается как положительное.
- Использование зелёных крыш как места для досуга и отдыха потенциально генерирует дополнительные доходы от продаж и аренды.