

Новикова Татьяна Александровна

студентка

Просяникова Анастасия Юрьевна

студентка

Медведева Вероника Алексеевна

студентка

Научный руководитель

Чечетка Валентина Ивановна

канд. филол. наук,

доцент Российской академии наук (РАН), доцент

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный

технический университет»

г. Воронеж, Воронежская область

DOI 10.31483/r-109148

**СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
(НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ФРГ)**

Аннотация: уникальные здания и сооружения создают неповторимые очертания городской застройки, качественно меняя и совершенствуя инфраструктуру. Высотные здания во всем мире относят к объектам самого высокого уровня ответственности и класса надежности. Однако их строительство и эксплуатация значительно удорожается по сравнению с обычными зданиями в связи с технологическими, конструктивными факторами, а также мерами комплексной безопасности. Поэтому стремление к балансу расходов по обслуживанию высотных строений, а именно повышение энергоэффективности здания и использование возобновляемых источников, – острый вопрос в современном строительстве.

Ключевые слова: жизненный цикл здания, энергоэффективность, возобновляемые источники.

В настоящее время строительство высотных зданий является не только способом существенно сэкономить земельные ресурсы в условиях плотной застройки, но и неотъемлемым атрибутом любого развивающегося города. Как правило, здания большей этажности возводят из соображений их архитектурно-градостроительной значимости, престижности региона.

Цель данной работы – рассмотреть некоторые аспекты жизненного цикла высотных зданий и сооружений и возможности повышения их энергоэффективности путем использования возобновляемых источников.

Каждый строитель хочет построить или спроектировать здание таким образом, чтобы оно отвечало всем жизненным потребностям, легко адаптировалось к возможным изменениям этих потребностей в течении всего периода использования, использовалось многими поколениями без потери качества жизни, имело высокий уровень стоимости перепродажи. Для того, чтобы здание отвечало этим требованиям, необходимо перспективное планирование, то есть необходимо учитывать весь жизненный цикл здания – от начала строительства до сноса здания.

Жизненный цикл любого здания или сооружения можно представить с помощью следующих элементов: добыча сырья; возведение здания; его эксплуатация (использование); текущий ремонт; модернизация (реконструкция); снос (демонтаж); переработка материалов. Соответственно, выделяются следующие отдельные фазы жизненного цикла:

- 1) этап планирования;
- 2) этап строительства;
- 3) эксплуатация (использование);
- 4) текущий ремонт/дальнейшее использование;
- 5) демонтаж здания и повторное использование материалов;
- 6) утилизация отходов.

Важность представления о жизненном цикле можно проиллюстрировать на примере затрат на семейный дом в Германии, запланированный в соответствии с программами энергосбережения, на весь его срок службы [1]. Влияние этапа

эксплуатации на общие затраты при предполагаемом сроке службы 80 лет и ежегодном повышении цен на энергию на 1–3% (с поправкой на инфляцию, без повышения заработной платы или цен на материалы) можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1

Стоимость здания на всем протяжении жизненного цикла

Фазы (срок наблюдения 80 лет)		Рост цен на энергоносители		
		1%	2%	3%
Возведение		240 000 €	240 000 €	240 000 €
Использование	эксплуатация	341 000 €	531 000 €	900 000 €
	обслуживание	46 000 €	46 000 €	46 000 €
	ремонт	212 000 €	212 000 €	212 000 €
Восстановление (модернизация)		29 000 €	29 000 €	29 000 €
Затраты на жизненный цикл		868 000 €	1 058 000 €	1 427 000 €
Доля фазы эксплуатации от общей стоимости жизненного цикла		69,0%	74,6%	81,2%

Согласно сделанным допущениям, эксплуатационные расходы представляют собой наиболее изменяемую долю в расчетах моделирования и составляют самую большую долю для здания. Решающим критерием для этапа эксплуатации является динамика цен на энергоносители, однако затраты на уборку не учтены, поскольку они не имеют большого значения для частных жилых домов.

Поскольку на индивидуальные затраты жизненного цикла очень сильно влияют будущие изменения цен на рынке труда и сырья, их следует разумно учитывать при рассмотрении жизненного цикла в рамках проектирования, а также во время мер по модернизации.

Таким образом, учет жизненного цикла следует рассматривать как новый уровень качества планирования и строительства.

Рассмотрим подробнее отдельные фазы жизненного цикла и приведем примеры аспектов на пути к оптимизации.

Фаза планирования. Комплексная оценка жизненного цикла учитывает три аспекта устойчивости: экономический; экологический; социально-культурный. Если три упомянутых выше измерения учитываются уже на этапе планирова-

ния, то предпосылки для жилой или коммерческой стоимости запланированного дома будут благоприятными и сохранятся в течении длительного времени. Тщательный анализ и оптимизация экономических, экологических и социально-культурных требований, предъявляемых к дому, приводят к разработке успешной концепции планирования.

В начале строительства выбор участка уже влияет на расположение здания на земельном участке, облицовку здания и благоустройство, теплозащиту, звукоизоляцию, а также тип вентиляции. Например, необходимо обратить внимание на то, что в соответствии с требованиями плана развития следует ориентировать здание таким образом, чтобы обеспечить активное и пассивное использование солнечной энергии.

Для сохранения земли под застройку и природных ресурсов, необходимо соблюдать следующие аспекты: минимизация поверхностного уплотнения, сохранение экологической структуры, улучшение биоразнообразия не застроенной почвы; минимизация пространства, необходимого для проезжей части/пути; защита грунтовых вод и использование дождевой воды на всей территории застройки; использование выкопанного грунта в пределах участка.

Следует заранее исключить возможное загрязнение почвы, например, тяжелыми металлами, маслами и т. д., поскольку их восстановление может быть связано со значительными затратами.

Что касается жизненного цикла, хорошее планирование наряду с архитектурным дизайном предполагает не только градостроительное включение, проектирование, функционирование и т. д., но и основные концепции для минимизации расходов на: энергоснабжение (отопление, охлаждение, электропитание и т. д.), водоснабжение, канализацию и вентиляцию, экспозицию, утилизацию отходов, очистку, осмотр и техническое и экономическое обслуживание зданий [2].

Оптимизация площадей приводит к экономии затрат на строительство, а также к снижению потребностей в тепле и дополнительных эксплуатационных расходах на этапе эксплуатации.

С экономической, экологической и социокультурной точки зрения выбор конструкций и строительных материалов играет существенную роль в концепции жизненного цикла [3].

Преимущества дает модульная конструкция и использование сборных компонентов. С одной стороны, эти компоненты являются многообразными, так как их относительно легко и не повреждая можно удалить из конструкции в зависимости от выбранной технологии, с другой стороны, высокая степень предварительного изготовления приводит к экономии затрат при монтаже на месте. Однако может быть увеличена стоимость транспортировки расходов (грузовик, кран) [4].

Для обеспечения защиты здоровья жителей, как важного социокультурного аспекта, уже на этапе планирования необходимо позаботиться о том, чтобы в конечном итоге были использованы экологически безопасные, а также низкоэмиссионные строительные и отделочные материалы. При этом по экологическим и экономическим причинам выигрывает использование возобновляемого сырья. Это соответствует принципу устойчивости – возможность восстановления ресурсов. Возобновляемое сырье, которое сегодня используется в строительном секторе, включает дерево, а также другие материалы, такие как овечья шерсть, лен, тростник, целлюлоза, солома, зерно используются в качестве теплоизоляции.

По возможности следует использовать многообразные строительные конструкции, компоненты и строительные материалы. К многообразным конструкциям использования относятся системы с разъемными соединениями (например, с винтовым или болтовым). В таблице 2 показано, какие компоненты могут быть использованы как многообразные.

Таблица 2

Конструкторские группы и компоненты

Несущие конструкции	Стальные балки; стальные опоры; сборные железобетонные изделия (потолки, стены); деревянные балки; сборные деревянные детали и т. п.
Наружные стены	Бетонные плиты (обычный бетон);

	сборные деревянные детали и т. п.
Внутренние стены	Сборные железобетонные изделия и др.
Перекрытия	Балка перекрытия; потолочная балка; потолочные панели; заливки; промежуточные слои (пустотелые доски) и др.
Конструкции крыши	Кровельные покрытия; деревянная стропила; балки крыши; заливки

Сегодня с нехваткой ископаемых ресурсов связан долгосрочный рост цен на основные энергоносители – газ, нефть, а также электроэнергию. Минимизация потребления энергии становится центральной проблемой планирования зданий не только по экологическим, но и по экономическим причинам.

Как отмечают эксперты, использование возобновляемых источников энергии оправдано не только с экологической точки зрения, но и с экономической в долгосрочной перспективе. У многих строителей и владельцев одно- и многоквартирных домов популярны сегодня заводские системы солнечной энергии – тепловые солнечные системы (водяное отопление) и фотоэлектрические системы (выработка электроэнергии). Эффективность систем зависит от географического расположения здания, ориентации на участке, угла наклона крыши, затенения от соседних зданий или деревьев и эффективности системы.

Еще один вариант активного использования регенеративных энергоресурсов в Германии – использование возобновляемого сырья. Биомасса (древесные гранулы, древесные отходы в различных формах, сельскохозяйственные отходы и т. д.) и растительные масла могут рассматриваться в будущем как источники энергии.

Планирование затрат. При рассмотрении затрат жизненного цикла отметим, что инвестиционные затраты – это затраты на строительство, а также прогнозируемые затраты на использование здания. Цель состоит в том, чтобы создавать здания с длительным сроком службы и высоким качеством, минимизируя общие затраты на жизненный цикл. Региональные влияния приводят к разнице в стоимости и поэтому должны приниматься во внимание при планировании, например, на основе региональных факторов в каталогах стоимости строи-

тельства. В сфере частного жилищного строительства строителю зачастую легче понять распределение по этажам. Обычно клиент спрашивает, сколько будет стоить подвал или переоборудованная крыша, а не внутренние стены целого здания. На рисунке (диаграмме) 1 показан процент затрат на отдельные строительные уровни или компоненты, и как можно распределить затраты в области строительства частных домов [3; 5].



Рис. 1. Доли затрат в зависимости от уровня строительства

Как видим на рисунке 1, распределение может различаться в зависимости от типа и дизайна здания. Для расчёта стоимости важно, чтобы в здании, которое эксплуатируется без сложных систем, значительная часть строительных затрат была на системную технологию. В будущем, вероятно, процентная доля увеличится, поскольку энергосберегающие системы из-за их технического дизайна, а также их инновационного характера приводят к более высоким затратам на строительство, которые могут быть амортизированы на этапе эксплуатации.

На *этапе строительства* с точки зрения оценки жизненного цикла, соблюдение установленных стандартов качества играет важную роль, так как конструкция имеет решающее значение для срока службы здания. Дефекты качества изготовления приводят к расходам на техническое обслуживание, которые не только отражаются в увеличении затрат на техническое обслуживание, но также могут вызывать необходимость замены строительных материалов или конструкций и, таким образом, способствовать дальнейшему потреблению ресурсов.

При строительстве необходимо учитывать следующие аспекты: соответствие заданным стандартам качества, обеспечение согласованной даты завершения, использование подходящих строительных методов и мер (например, защита собственности от влаги на этапе строительства), экологически чистое оборудование и эксплуатация строительной площадки, а также четкое разграничение строительных работ между специализированными компаниями и строителем в случае желаемых внутренних работ.

Как правило, большая часть необходимых работ в рамках строительства жилого дома выполняется специализированными фирмами, а меньшую часть часто выполняет сам застройщик. Неправильно выполненные внутренние работы могут вызвать косвенный ущерб или дефекты конструкции, а также приводят к задержкам сроков. В дополнение к мониторингу и документации качества строительства, проводимому на этапе строительства менеджером участка, другими специалистами и самим клиентом, важную роль играет последующая проверка качества – также с использованием процедур технических испытаний. Примерами являются исследования на герметичность здания и обнаружение структурных тепловых мостов или неправильное выполнение теплоизоляции. Например, при соответствующей настройке вентилятор используется для создания в отдельных комнатах, квартире или во всем здании отрицательного давления (рис. 2).



Рис. 2. Испытание на герметичность

Воздух, поступающий или выходящий через утечки в ограждающей конструкции здания, регистрируется измерительными приборами. Если обнаруживаются чрезмерно высокие потери, обычно возникают технические недостатки.

Чтобы сохранить эксплуатационные расходы (*фаза использования*), как важную часть затрат жизненного цикла, следует оценить фазу использования дома (отопление, электричество, вода, канализация и т. д.). Следует отметить, что расход энергии на отопление меняется в зависимости от климатических колебаний, например, была зима холодная или мягкая [6]. Эти влияния могут быть учтены с использованием методов расчета – компенсацией. Кроме того, разница между чисто вычислительными величинами требований заключается в расчете в стандартных условиях и измерениями объемов потребления. Если есть существенные расхождения между требованиями, рекомендуется выяснять причины.

Этап обслуживания и модернизации. В зависимости от выбора различных строительных материалов и интенсивности использования отдельных помещений в течение жизненного цикла здания существуют различные свойства, сохраняющие ценность. Техническое обслуживание включает в себя все меры, необходимые для поддержания технического состояния здания и системной техники. Регулярный осмотр и техническое обслуживание предотвращают косвенный ущерб, устранение которого обычно требует значительных затрат. Расчетный срок службы отдельных компонентов является решающим фактором для общей оценки жизненного цикла здания. В зависимости от выбора отдельных конструкций и их технического срока службы требуются ремонтные работы или замена слоев. Целью оценки жизненного цикла является точная настройка срока службы отдельных компонентов в соответствии с общим сроком службы здания.

Важно следить за тем, чтобы несущие конструкции (фундамент, плиты перекрытия, несущая кладка, перекрытия и крыши) и те, которые больше не доступны (например, герметизация плиты перекрытия) перекрыли общий срок службы. Другие компоненты, например, напольные покрытия, зависят от степени использования (например, входная группа и т. д.). Для новостроек обычно

предполагается срок службы 50–80 лет, который, однако, можно значительно продлить за счет модернизации.

Под модернизацией понимаются все меры в здании, выходящие за рамки нормального обслуживания компонентов и технического оборудования, и не только для поддержания функциональности. Таким образом, энергетическое улучшение оболочки здания (например, применение дополнительной изоляции) и меры по улучшению качества жилого пространства (например, изменение планировки комнаты) должны соответственно представлять собой степень модернизации.

Что касается стоимости жизненного цикла, очень важно определить подходящее время с экономической точки зрения для проведения модернизации. В принципе, поэтому следует проверять, какие меры по модернизации проводились с течением времени. С одной стороны, инвестиции в замену и, с другой стороны, связанная с этим экономия последующих затрат. Таким образом возможно снижение затрат на электроэнергию, а также за счет расширенного технического обслуживания или меньшие затраты на очистку.

Помимо улучшения качества дома, к важнейшим целям модернизации относится сокращение эксплуатационных расходов за счет совершенствования системной технологии и использования более дешевых альтернатив, а также энергетической оптимизации фонда зданий.

Фаза конверсии / фаза продолжения использования. Нередко изменение семейного положения – например, появление новых членов семьи, дети, выезжающие из родительского дома, сдача в субаренду и т. д. – на этапе использования могут потребовать адаптации жилого пространства и повлечь за собой меры по переоборудованию или расширению. С возрастом или с изменением состояния здоровья некоторые жильцы уже не справляются с некоторыми повседневными делами по дому. Поэтому конструкционные условия, такие как крутые лестницы, дверные пороги, высокие ванны или жесткие окна, могут усложнить задачу. И с точки зрения оценки жизненного цикла принципы безбарьерного здания, а также возможные варианты адаптации и преобразования также должны учитываться на этапе проектирования нового здания.

Демонтаж или повторное использование и переработка. Помимо аспектов, описанных выше, оценка жизненного цикла также включает: демонтаж здания или компонентов и их повторное использование. Как правило, в прошлом частные застройщики не имели к этому отношения. Однако это может измениться в более долгосрочной перспективе, например, когда дом будет продан, а также удобство демонтажа для покупателя могли бы послужить аргументом в пользу покупки.

В Германии можно найти все мыслимые строительные конструкции с разнообразными комбинациями материалов в уже существующих и новых зданиях. Повторное использование достигается, прежде всего, за счет комбинации материалов в конструкциях. По действующему законодательству часть используемых строительных материалов представляют собой опасные отходы и могут быть утилизированы только по повышенной цене. Возможность повторного использования стройматериалов или строительных конструкций зависит от качества демонтируемого изделия. Развитие щадящих методов демонтажа означает, что в будущем будет значительно улучшено качество подлежащих переработке изделий и/или материалов.

Одним из аспектов повышения качества комплектующих является достижение высокого уровня их демонтажной способности. Чем выше демонтаж, тем больше вероятность повторного использования отдельных строительных материалов.

Следующий уровень – переработка строительных материалов в новый продукт, из того же строительного материала (например, медные трубы). Если возможные варианты использования технически не указаны, обычно рассматривается только термическое восстановление или захоронение отходов.

С экологической точки зрения отдельные строительные материалы разделяются по фракциям, на части, которые могут непосредственно не перерабатываться, а в свою очередь, отправлены на переработку материалов и, таким образом, способствовать сохранению ресурсов.

В заключение подчеркнем, что энергосбережение активно развивается во всех странах, в частности, в России, США, Германии, Великобритании, Финляндии и т. д. Появление такого направления, как энергоэффективное строительство на данный момент является ключевым. По данным Росстата, в России

80% многоквартирных домов, были построены до 1999 г. При строительстве к ним применялись устаревшие строительные нормы и правила (СНиП), которые не отвечают современным требованиям энергоэффективности сооружений. Типовой дом в России потребляет на 70% больше тепловой энергии, чем аналогичный многоквартирный дом, построенный после принятия закона об энергосбережении. Мероприятия в зданиях по энергосбережению и энергоэффективности, предписанные действующим законодательством, направлены на сохранение или повышение уровня комфорта. Выгоду от снижения энергопотребления получают конечные потребители коммунальных ресурсов. Именно они в первую очередь заинтересованы в сокращении расходов на оплату услуг ЖКХ, которые планируется начислять с учетом класса энергоэффективности. Точный расчет энергоэффективности невозможен без достоверного учёта потребляемых энергетических ресурсов по каждому помещению и дому в целом. Именно поэтому в рекомендуемые Минстроем России мероприятия по повышению энергоэффективности включена установка счётчиков электроэнергии, газа, воды и тепла.

Список литературы

1. Bauen im Lebenszyklus [Electronic resource]. – Access mode: http://www.inqa-bauen.de/upload/komko/pdf/3_2_0106.pdf (дата обращения: 14.11.2023).
2. Bundesarchitektenkammer (Herausgeber): «Energiegerechtes Bauen und Modernisieren», Birkhäuser Verlag, Basel, Schweiz, 1996; Seite 41.
3. Lebenszyklusbetrachtungen am Beispiel eine Einfamilienhauses; Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V., Berlin im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Bericht-Nr. 1–17/2005.
4. Hausakte; Institut für Bauforschung e.V., Hannover im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau-und Wohnungswesen.
5. Wohnen und Bauen in Zahlen; Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2005.

6. Новикова Т.А. Влияние природно-климатических факторов на состояние автомобильных дорог / В.И. Чечетка, П.М. Соколов, Т.А. Новикова // Формирование и развитие новой парадигмы науки в условиях постиндустриального общества: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Екатеринбург, 13 октября 2022г.). – Уфа: Аэтерна, 2022. – С. 5–7.