**Лекция 21. РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫХ ГОРОДСКИХ РАЙОНОВ. КОНЦЕПЦИИ И ПРИМЕРЫ УСТОЙЧИВОГО ГОРОДСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ (NET ZERO ENERGY BUILDINGS).**

1. Концепция и принципы устойчивого городского планирования

2. Определение устойчивого городского планирования

3. Устойчивое развитие городской инфраструктуры

4. Определение и принципы Net Zero Energy Buildings

5. Важность интеграции устойчивых подходов в городское планирование

**21.1. Технологии и инновации в устойчивом городском планировании и управление устойчивостью**

Устойчивое городское планирование активно использует **технологии и инновации** для повышения своей эффективности и достижения целей устойчивого развития. Важнейшим направлением является интеграция **умных технологий** и концепции **умного города**. В этом контексте, **Интернет вещей (IoT)** играет ключевую роль в оптимизации управления ресурсами и услугами. Умные сети, основанные на IoT, позволяют **мониторинг и управление энергопотреблением в реальном времени**, что способствует значительному снижению энергозатрат и повышению общей эффективности использования ресурсов. К примеру, системы умного управления энергией могут автоматически регулировать потребление на основе текущих потребностей и погодных условий, минимизируя потери энергии и обеспечивая оптимальное распределение ресурсов.

**Умные транспортные системы** также играют важную роль в устойчивом городском планировании. Эти системы используют данные в реальном времени для оптимизации движения транспорта, что помогает **снижать уровень загрязнения воздуха** и **улучшать общую экологическую обстановку**. Технологии умного управления трафиком могут включать **системы синхронизации светофоров**, **информационные панели для водителей** и **анализатор движения**, что делает транспортные потоки более эффективными и безопасными.

Кроме того, значительное внимание уделяется **энергоэффективным строительным технологиям**, которые способствуют созданию более устойчивых и эффективных зданий. Новые строительные материалы, такие как **аэрогели** и **фотоэлектрические краски**, предоставляют возможности для создания конструкций с улучшенными теплоизоляционными и энергетическими характеристиками. Аэрогели, обладая низкой теплопроводностью, позволяют создавать здания с высокой теплоизоляцией, а фотоэлектрические краски могут преобразовывать солнечную энергию в электричество, что снижает потребность в внешних источниках энергии.

Технологии **пассивного солнечного отопления** также являются важной частью энергоэффективного проектирования. Эти технологии позволяют проектировать здания таким образом, чтобы они использовали солнечную энергию для обогрева без необходимости активных систем отопления. Это достигается за счет **оптимального расположения окон**, **использования теплоаккумулирующих материалов** и **максимального использования солнечного света** в течение дня.

Для обеспечения эффективного **управления и мониторинга устойчивости** необходимо использовать современные инструменты и методы. Разработка и использование **индикаторов устойчивости** позволяют оценивать эффективность внедренных решений и мониторить их воздействие на окружающую среду и качество жизни жителей. Эти индикаторы могут включать показатели энергоэффективности, уровень загрязнения воздуха, потребление воды и другие ключевые параметры. **Системы управления устойчивостью** обеспечивают комплексный подход к мониторингу и контролю устойчивости на уровне города или района, что позволяет своевременно выявлять и устранять проблемы. Эти системы могут включать **платформы для анализа данных**, **инструменты для визуализации** и **методы прогнозирования**.

Таблица 21.1

**Основные принципы устойчивого городского планирования**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Принцип** | **Описание** | **Примеры и Инновации** |
| Энергетическая эффективность | Оптимизация потребления энергии, внедрение возобновляемых источников | Солнечные панели, тепловые насосы |
| Устойчивый транспорт | Развитие экологически чистого транспорта и инфраструктуры для пешеходов и велосипедистов | Электробусы, велосипедные дорожки |
| Управление водными ресурсами | Эффективное использование и очистка водных ресурсов | Умные системы водоснабжения, дождевые сады |
| Зеленая инфраструктура | Создание и поддержание зеленых пространств для улучшения качества воздуха и микроклимата | Зеленые крыши, парки, городские леса |
| Циклическая экономика | Минимизация отходов и повторное использование ресурсов | Компостирование, переработка стройматериалов |

**Сертификация и стандарты** играют важную роль в обеспечении качества устойчивых решений. Программы сертификации, такие как **LEED** и **BREEAM**, предоставляют стандарты для оценки экологических характеристик зданий и районов, что способствует поддержанию высоких стандартов устойчивости. Эти программы оценивают такие аспекты, как **эффективность использования энергии**, **качество внутренней среды** и **влияние на окружающую среду**. Соответствие **местным и национальным стандартам** обеспечивает интеграцию устойчивых практик в рамках правовых и нормативных требований на уровне страны. Это может включать **национальные строительные нормы**, **экологические законы** и **городские планировочные регламенты**.

Таким образом, интеграция технологий и инноваций, эффективное управление и мониторинг устойчивости, а также соблюдение высоких стандартов и сертификаций являются ключевыми элементами успешного устойчивого городского планирования. Эти аспекты способствуют созданию городских пространств, которые не только удовлетворяют потребности современных жителей, но и обеспечивают долгосрочную устойчивость и экологическую гармонию.

**21.2. Энергетическая эффективность в устойчивом развитии городской инфраструктуры**

**Энергетическая эффективность** является основополагающим аспектом устойчивого развития городской инфраструктуры. Этот компонент направлен на оптимизацию использования энергии с целью минимизации потребления, снижения затрат и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. В данной сфере выявляются несколько ключевых проблем, а также разрабатываются новейшие технологии и решения, направленные на их устранение.

**Высокое потребление энергии в зданиях и инфраструктуре** представляет собой одну из главных проблем. Множество старых зданий и инфраструктурных объектов применяют устаревшее отопительное, вентиляционное и кондиционерное оборудование (HVAC), которое обладает низкой энергоэффективностью. Это приводит к значительным потерям энергии и повышенному потреблению. Старое оборудование, например, **конвекторы и радиаторы**, не может обеспечить эффективное распределение тепла, что ведет к дополнительным расходам энергии. Плохая теплоизоляция также способствует этим потерям. Недостаточная теплоизоляция зданий приводит к утечкам тепла и холодного воздуха, что увеличивает потребность в отоплении и кондиционировании. Неоптимизированное освещение, где традиционные лампы накаливания и флуоресцентные лампы используются вместо более современных решений, также ведет к большему потреблению электроэнергии.

Кроме того, **зависимость от ископаемых источников энергии** является серьезной проблемой. Использование ископаемого топлива, такого как уголь, нефть и газ, приводит к высоким выбросам углерода и других загрязняющих веществ. Эти выбросы усугубляют проблему изменения климата и загрязнения воздуха. Добыча и сжигание ископаемых ресурсов также имеет ограниченные запасы и может оказывать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения.

**Неэффективное управление энергией** в городской инфраструктуре также является значительной проблемой. Отсутствие современных систем мониторинга и управления энергией затрудняет контроль за потреблением и выявление источников потерь. Многие здания и инфраструктурные объекты не оснащены системами управления энергией, что приводит к неэффективному использованию ресурсов и дополнительным затратам.

Для решения этих проблем разрабатываются и внедряются новейшие технологии и решения. Одним из важных направлений является **интеграция энергоэффективных технологий**. Умные системы отопления и кондиционирования, такие как **умные термостаты** и автоматизированные системы управления HVAC, позволяют оптимизировать потребление энергии, адаптируя работу систем под реальные потребности. Например, термостаты, такие как **Nest** и **Ecobee**, могут снижать потребление энергии на 20% за счет обучения поведенческих привычек пользователей и автоматического регулирования температуры. Использование светодиодного освещения (LED) в зданиях и на улицах также способствует значительному снижению потребления электроэнергии. LED-лампы имеют гораздо более низкое энергопотребление по сравнению с традиционными лампами и обладают более длительным сроком службы, что снижает затраты на обслуживание. Современные **энергосберегающие окна** и **инновационные изоляционные материалы** помогают улучшить теплоизоляцию зданий, минимизируя теплопотери и снижая потребление энергии на отопление и охлаждение.

Важным шагом к повышению энергетической эффективности является **использование возобновляемых источников энергии**. Установка **фотоэлектрических панелей** на крышах зданий позволяет производить электричество из солнечной энергии. Новые технологии, такие как **концентрирующие солнечные элементы** (CPV) и **солнечные пленки**, обеспечивают более эффективное использование солнечной энергии даже в условиях ограниченного пространства. Малые ветровые турбины для генерации энергии могут быть эффективными в городских районах с постоянными ветровыми потоками. Новые разработки в области **вытяжных вентиляторов** и **вертикальных ветряков** позволяют интегрировать ветряные турбины в городские ландшафты. Инсталлирование **геотермальных систем отопления и охлаждения** позволяет использовать теплоту земли для обогрева и охлаждения зданий. Новые технологии **глубинных геотермальных систем** обеспечивают более эффективное использование геотермальной энергии в условиях городской среды.

Развитие **систем управления энергией** также играет ключевую роль. Интеграция **систем управления энергией зданий** (BEMS) позволяет мониторить и управлять потреблением энергии на уровне зданий. Эти системы помогают оптимизировать использование энергии, проводя анализ данных о потреблении и предоставляя рекомендации по улучшению эффективности. Внедрение **умных электросчетчиков** и **интеллектуальных сетей** позволяет более точно отслеживать потребление энергии и интегрировать данные для более эффективного управления ресурсами. **Интерфейсы пользовательских приложений** могут позволить жителям и предприятиям контролировать свои энергетические расходы и получать рекомендации по улучшению энергоэффективности. Использование **анализаторов больших данных** для обработки информации о потреблении энергии позволяет выявлять тренды, предсказывать потребности и оптимизировать энергетические стратегии. Применение **машинного обучения** и **искусственного интеллекта** помогает в создании прогнозов и автоматизации управления энергией.

**Системы накопления энергии** также становятся все более актуальными. Развитие технологий хранения энергии, таких как **солнечные батареи** и **аккумуляторы на основе литий-ионных технологий**, позволяет эффективно хранить избыточную энергию, произведенную из возобновляемых источников, и использовать её в периоды пикового потребления. Новые разработки в области **пауэр-электроники** и **систем управления зарядом** способствуют улучшению эффективности и надежности накопителей энергии, обеспечивая более гибкое управление и распределение ресурсов.

Таким образом, решение проблем энергетической эффективности в городской инфраструктуре требует комплексного подхода и внедрения передовых технологий. Оптимизация потребления энергии, использование возобновляемых источников и развитие систем управления энергией способствуют созданию более устойчивых и энергоэффективных городских пространств.

**21.3. Управление водными ресурсами в устойчивом развитии городской инфраструктуры**

**Управление водными ресурсами** представляет собой критически важный аспект устойчивого развития городской инфраструктуры. Оно охватывает не только оптимизацию использования воды, но и минимизацию потерь, защиту водных экосистем и источников. Это включает в себя ряд ключевых проблем и инновационных решений, направленных на их преодоление.

**Проблемы**

**Неэффективное использование воды** является одной из главных проблем в управлении водными ресурсами. **Старые и изношенные водопроводные сети** представляют собой серьезное препятствие для эффективного водоснабжения. В старых трубопроводах часто возникают **протечки и утечки**, что ведет к значительным потерям воды и увеличению затрат на ее добычу и обработку. Также наблюдаются **неоптимальные системы водоснабжения**, которые не могут эффективно распределять воду в зависимости от потребностей различных районов, что приводит к неравномерному снабжению.

**Загрязнение источников воды** представляет собой еще одну серьезную проблему. Промышленные выбросы и сточные воды содержат **загрязняющие вещества**, такие как **тяжелые металлы** и **химические соединения**, которые ухудшают качество воды и требуют дорогостоящей очистки. В дополнение к этому, **бытовые сточные воды** часто содержат **органические загрязнители**, такие как **жиры, масла и моющие средства**, которые попадают в водоемы и загрязняют источники воды.

**Недостаток водных ресурсов** также является значимой проблемой. Растущее население и увеличение спроса на воду ведут к **дефициту водных ресурсов** в некоторых регионах. Это требует разработки новых источников воды и более эффективного управления существующими ресурсами. Изменения климата, такие как **засухи** и **экстремальные осадки**, оказывают дополнительное давление на водные ресурсы и усложняют их управление.

**Климатические и экологические изменения** также оказывают влияние на управление водными ресурсами. Увеличение частоты **экстремальных погодных явлений**, таких как **дожди и наводнения**, создаёт дополнительную нагрузку на системы управления дождевыми водами. Кроме того, **понижение уровня грунтовых вод** из-за перепотребления и недостатка естественного пополнения влияет на доступность воды и здоровье экосистем.

**Современные разработки и решения**

**Интеллектуальные системы мониторинга и управления** представляют собой современное решение для управления водными ресурсами. Эти системы включают **датчики и аналитические инструменты**, которые позволяют отслеживать потребление воды в реальном времени, выявлять утечки и оптимизировать распределение ресурсов. Использование **интеллектуальных систем** помогает оперативно реагировать на проблемы и улучшать управление водоснабжением.

**Системы автоматического регулирования** также играют важную роль в эффективном управлении водными ресурсами. **Умные насосы и клапаны**, которые автоматически регулируют поток воды в зависимости от потребностей, позволяют сократить потери воды и улучшить распределение. Эти системы адаптируются к изменениям в потреблении и автоматически настраивают параметры работы.

**Анализ больших данных** и **машинное обучение** используются для прогнозирования потребления воды и оптимизации распределения ресурсов. Платформы для анализа данных позволяют выявлять тренды и предсказывать потребности, что помогает в планировании инфраструктуры и управлении водоснабжением.

**Современные технологии очистки воды** включают **ультрафиолетовую стерилизацию**, **мембранные технологии** (например, обратный осмос) и **биологическую фильтрацию**. Эти методы обеспечивают высокую степень очистки сточных вод и делают их безопасными для повторного использования. Использование передовых технологий очистки позволяет эффективно удалять загрязнители и соответствовать экологическим стандартам.

**Системы повторного использования воды** являются важным элементом управления водными ресурсами. Внедрение таких систем в жилых и коммерческих зданиях позволяет использовать сточные воды для технических нужд, таких как полив и смывание. Эти системы включают **очистные сооружения**, **системы хранения** и **трубопроводы для повторного использования воды**.

**Системы сбора дождевой воды** помогают собирать осадки для последующего использования. Эти системы включают **резервуары для хранения дождевой воды** и **фильтрационные установки** для очистки перед использованием. Сбор дождевой воды помогает снизить нагрузку на централизованное водоснабжение и уменьшить потребление пресной воды.

**Инновационные системы управления дождевыми водами** включают **проникающие покрытия**, **дождевые сады** и **инфильтрационные лотки**. Эти решения способствуют **инфильтрации дождевых вод** в грунт, что помогает предотвратить их избыточное накопление и снизить риск наводнений. Развитие **зеленой инфраструктуры**, такой как **зеленые крыши** и **фасады**, также способствует улучшению управления дождевыми водами и улучшению микроклимата.

**Проекты восстановления экосистем** играют важную роль в поддержании экологического баланса. Инвестиции в восстановление **прибрежных зон** и **водно-болотных угодий** способствуют улучшению качества воды и поддержанию здоровья водных экосистем. Эти проекты могут включать **восстановление водных растений** и улучшение среды обитания для водных животных.

**Устойчивое землевладение** в сельском хозяйстве и строительстве помогает уменьшить загрязнение воды и поддерживать здоровье экосистем. Применение **устойчивых методов землевладения**, таких как **управление стоками удобрений и пестицидов**, помогает минимизировать влияние на водные ресурсы и улучшать их состояние.

Эффективное управление водными ресурсами требует комплексного подхода, включающего передовые технологии, системы очистки и повторного использования воды, управление дождевыми водами и восстановление экосистем. Эти меры способствуют обеспечению надежного водоснабжения, снижению загрязнения и поддержанию экологического баланса, что является ключевым аспектом устойчивого развития городской инфраструктуры.

**21.4. Устойчивый транспорт и мобильность в устойчивом развитии городской инфраструктуры**

**Устойчивый транспорт и мобильность** играют ключевую роль в обеспечении эффективного и экологически чистого передвижения в городских районах. Они включают в себя как снижение воздействия транспортных систем на окружающую среду, так и повышение их эффективности и безопасности. Разработка и внедрение инновационных решений для устойчивого транспорта направлены на решение целого ряда проблем, связанных с традиционными транспортными системами.

**Проблемы**

**1. Загрязнение воздуха и шум**

**Транспортные выбросы** являются одной из основных проблем, способствующих ухудшению качества воздуха в городах. Традиционные транспортные средства, работающие на ископаемом топливе, выделяют значительные количества **оксидов азота**, **углекислого газа** и **твердых частиц** (Particulate matter). Эти загрязняющие вещества негативно воздействуют на здоровье населения, способствуя развитию респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, выбросы парниковых газов способствуют **глобальному потеплению**.

**Шумовое загрязнение** от транспортных средств также представляет собой серьезную проблему. Непрерывный шум от автомобильного, железнодорожного и авиационного транспорта влияет на **качество жизни** и здоровье граждан, вызывая **стресс**, **снижение качества сна** и другие негативные последствия.

**2. Перегруженность транспортной сети**

**Дорожные пробки** в густонаселенных городах приводят к **увеличению времени в пути**, **повышению затрат на топливо** и **снижению общей эффективности транспортной системы**. Перенаселенность дорог также ведет к **повышению уровня стресса** у водителей и увеличивает загрязнение окружающей среды.

**Недостаток общественного транспорта** в некоторых городах делает его менее привлекательным. **Неэффективные маршруты** и **недостаточное покрытие** создают пробелы в транспортной сети, что способствует повышенному использованию личных автомобилей и усугубляет проблему дорожных пробок.

**3. Нехватка инфраструктуры для альтернативных видов транспорта**

**Отсутствие развитой инфраструктуры для велосипедистов и пешеходов** является серьезным препятствием для использования экологически чистых видов транспорта. **Неправильно спроектированные велодорожки**, их **ограниченное количество** и **низкое качество** делают передвижение на велосипеде менее безопасным и удобным. То же самое касается **пешеходных зон**, которые должны обеспечивать комфортное и безопасное перемещение пешеходов.

**Ограниченная доступность зарядных станций для электромобилей** является проблемой для владельцев электромобилей. **Нехватка зарядных точек** и недостаточное количество **публичных зарядных станций** создают трудности для пользователей и замедляют процесс перехода на электромобили.

**4. Энергетические затраты и эффективность**

**Высокие затраты на топливо** для транспортных средств, работающих на ископаемом топливе, оказывают значительное влияние на экономику. Эти затраты также способствуют общему **негативному воздействию на окружающую среду**.

**Низкая энергоэффективность традиционных двигателей внутреннего сгорания** ведет к **неэффективному использованию энергии** и **увеличению выбросов загрязняющих веществ**. Традиционные двигатели имеют **невысокий коэффициент полезного действия**, что приводит к большому потреблению топлива и увеличению загрязнения.

**Современные разработки и решения**

**1. Электрификация транспорта**

**Электромобили** представляют собой одно из наиболее значимых решений для сокращения **выбросов загрязняющих веществ** и улучшения качества воздуха. Современные электромобили обладают **высокой энергоэффективностью** и предлагают **низкие эксплуатационные расходы**. Развитие **аккумуляторов**, таких как **твердотельные батареи** и **натрий-ионные батареи**, способствует увеличению дальности поездок и снижению времени зарядки.

**Электробусы** и **электропоезда** также представляют собой экологически чистые альтернативы традиционным дизельным автобусам и поездам. Эти транспортные средства снижают уровень **загрязнения** и способствуют улучшению **экологической устойчивости** общественного транспорта.

**2. Инфраструктура зарядных станций**

**Развитие сети зарядных станций** для электромобилей является критически важным для поддержки перехода на электрический транспорт. Создание **широкой сети зарядных станций** в городах и на магистралях обеспечивает **доступность и удобство** для пользователей электромобилей. **Инновационные решения**, такие как **быстрая зарядка** и **беспроводная зарядка**, ускоряют процесс зарядки и улучшают пользовательский опыт.

**Интеграция зарядных станций** в городскую инфраструктуру, включая **общественные парковки**, **жилые комплексы** и **рабочие места**, способствует увеличению доступности зарядных точек и поддерживает переход на электромобили.

**3. Интеллектуальные транспортные системы**

**Интеллектуальные системы управления движением** (ITS) включают **умные светофоры** и **платформы для мониторинга трафика**, которые позволяют **эффективно управлять потоком транспорта**, уменьшать пробки и повышать **качество движения**. Эти системы помогают в **оптимизации маршрутов** и **управлении нагрузками на дороги**.

**Платформы для каршеринга** и **совместного использования автомобилей** способствуют снижению количества частных автомобилей на дорогах, что помогает **уменьшить пробки** и **снизить потребление ресурсов**.

**4. Развитие альтернативных видов транспорта**

**Велосипеды** и **электросамокаты** являются экологически чистыми видами транспорта, способствующими снижению загрязнения. Создание **развивающейся инфраструктуры** для велосипедистов и пользователей электросамокатов делает передвижение на этих видах транспорта более безопасным и удобным. **Системы общественного проката** велосипедов и электросамокатов способствуют их более широкому использованию.

**Развитие пешеходных зон** и **зеленых улиц** помогает создать более приятную и безопасную среду для пеших прогулок. Это может **уменьшить зависимость от автомобилей** и улучшить общее **качество городской среды**.

**5. Устойчивые строительные практики и энергоэффективность**

**Энергетически эффективные здания**, такие как **Net Zero Energy Buildings**, потребляют минимальное количество энергии и производят ее из возобновляемых источников. Эти здания способствуют **снижению потребности в энергоемком транспорте** и улучшают устойчивость городской инфраструктуры.

**Интеграция возобновляемых источников энергии**, таких как **солнечные панели** и **ветровые турбины**, в зданиях и на транспортной инфраструктуре способствует снижению зависимости от традиционных источников энергии и уменьшению общего **углеродного следа**.

Таким образом, эффективное управление устойчивым транспортом и мобильностью требует комплексного подхода, включающего **электрификацию транспорта**, **развитие инфраструктуры зарядных станций**, **внедрение интеллектуальных транспортных систем**, **развитие альтернативных видов транспорта** и **применение устойчивых строительных практик**. Эти меры способствуют **уменьшению загрязнения**, **улучшению качества жизни** и созданию более **устойчивых городских систем**, что является неотъемлемой частью устойчивого развития городской инфраструктуры.

**21.5. Net Zero Energy Buildings (ZEB)**

**Net Zero Energy Buildings (ZEB)** представляют собой здания, которые в течение года потребляют столько же энергии, сколько они производят на месте с использованием возобновляемых источников энергии. Основной целью таких зданий является создание эффективных и устойчивых строительных решений, которые минимизируют воздействие на окружающую среду и способствуют устойчивому развитию.

**1. Основные характеристики и цели**. **Net Zero Energy Buildings** характеризуются тем, что их ежегодное **энергетическое потребление** полностью компенсируется за счет **энергии, произведенной на месте**. Это достигается путем интеграции различных стратегий энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии. Основные характеристики ZEB включают:

**- Высокий уровень энергоэффективности,** здания ZEB проектируются с использованием современных технологий и методов, направленных на **минимизацию потребления энергии**. Это включает в себя использование **высококачественной теплоизоляции**, **энергосберегающих окон** и **эффективных систем освещения и отопления**.

- **Производство энергии на месте,** для достижения нулевого потребления энергии здания используют **возобновляемые источники энергии** такие как **солнечные панели**, **ветровые турбины** и **геотермальные системы**. Эти технологии обеспечивают создание необходимого количества энергии для покрытия потребностей здания.

- **Интеграция с окружающей средой.** ZEB стремятся максимально использовать **преимущества местного климата** и природных ресурсов. Это может включать **оптимальную ориентацию здания**, **пассивное солнечное отопление** и **естественное освещение**.

- **Устойчивое управление ресурсами,** в зданиях ZEB используются **устойчивые строительные материалы** и технологии, которые способствуют снижению **влияния на окружающую среду** и **снижению углеродного следа**.

**2. Подходы к достижению нулевого потребления энергии**. Достижение статуса Net Zero Energy Building требует комплексного подхода, включающего как **повышение энергоэффективности**, так и **интеграцию возобновляемых источников энергии**. Основные подходы включают:

**Энергетическая эффективность.** Снижение потребления энергии является основополагающим принципом для достижения ZEB. Для этого применяются **современные технологии и методы проектирования**, направленные на повышение энергоэффективности. Это может включать в себя:

- **Высококачественная теплоизоляция.** Обеспечивает минимальные теплопотери и снижает потребность в отоплении и кондиционировании.

- **Энергоэффективные окна и двери.** Использование окон с низким коэффициентом теплопередачи и специальных дверей снижает потери тепла.

- **Энергоэффективные системы отопления, вентиляции и кондиционирования (HVAC).** Современные системы HVAC обеспечивают оптимальный микроклимат при минимальных энергетических затратах.

- **Системы освещения с низким энергопотреблением.** Включение светодиодного освещения и автоматизированных систем управления освещением.

**Производство энергии на месте.** После снижения потребления энергии необходимо компенсировать оставшееся потребление за счет возобновляемых источников энергии. Основные технологии включают:

- **Солнечные панели.** Преобразуют солнечную энергию в электричество. Современные разработки включают **тонкопленочные солнечные панели**, которые имеют гибкость и низкий вес, а также **первоклассные панели** с высокой эффективностью.

- **Ветровые турбины.** Используются для генерации электричества за счет энергии ветра. Современные турбины могут быть **гибридными** и **достаточно компактными** для установки на крышах зданий.

- **Геотермальные системы.** Используют тепло земли для отопления и охлаждения зданий. Эти системы эффективно работают в различных климатических условиях и могут обеспечивать стабильное энергоснабжение.

- **Системы хранения энергии.** Включают **аккумуляторные батареи** и **технологии хранения в виде водорода** для хранения избытка энергии, произведенной в периоды высокой активности источников возобновляемой энергии, и ее использования в периоды низкой активности.

**Пассивные солнечные технологии** направлены на максимальное использование солнечного света для отопления и освещения зданий. Это включает в себя **оптимальную ориентацию зданий**, **использование солнечных тепловых окон** и **применение термических накопителей** для хранения солнечного тепла.

Таблица 21.2

**Основные характеристики Net Zero Energy Buildings (ZEB)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Описание** | **Примеры и Инновации** |
| Энергетическая автономия | Здания производят столько энергии, сколько потребляют | Солнечные дома, здания с системами хранения энергии |
| Инновационные материалы | Использование умных и энергоэффективных строительных материалов | Самовосстанавливающийся бетон, термохромные покрытия |
| Устойчивый дизайн | Архитектурные решения, способствующие минимальному потреблению энергии | Пасивные солнечные технологии, естественное освещение |
| Интеграция возобновляемых источников | Внедрение различных технологий для производства чистой энергии | Ветровые турбины, геотермальные системы |
| Умные технологии управления | Автоматизация и управление энергопотреблением с помощью интеллектуальных систем | Умные термостаты, системы управления освещением |

**Умные технологии управления энергией** позволяют оптимизировать потребление и производство энергии. Это может включать в себя **интеллектуальные термостаты**, **автоматизированные системы освещения** и **интернет вещей (IoT)** для мониторинга и управления энергопотреблением.

**Интеграция с городской инфраструктурой**. Net Zero Energy Buildings должны быть частью более широкой стратегии устойчивого городского развития. Это включает:

- **Интеграция в городской планировке.** ZEB следует проектировать таким образом, чтобы они гармонично вписывались в существующую городскую инфраструктуру и способствовали созданию устойчивых кварталов и микрорайонов. Это может включать в себя создание **зеленых коридоров**, **общественных пространств** и **транспортной инфраструктуры**.

- **Синергия с другими устойчивыми зданиями.** Сбор и использование избыточной энергии между зданиями или кварталами могут создать **умные микросети**, которые эффективно управляют производством и потреблением энергии на уровне всего района.

**Энергетическая сертификация и стандарты.** Для достижения и подтверждения статуса ZEB, здания могут получать различные **сертификаты** и **сертификации**, которые подтверждают их соответствие стандартам:

- **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).** Международная система сертификации, оценивающая экологические и энергетические характеристики зданий.

- **BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).** Оценка экологических характеристик зданий и их устойчивости.

- **Passive House (Passivhaus).** Стандарт, ориентированный на высочайшую энергоэффективность и комфорт.

**Экономические аспекты и финансирование**. Инвестиции в ZEB требуют анализа экономической целесообразности:

- **Капитальные затраты.** Внедрение энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии может потребовать значительных начальных инвестиций. Однако, благодаря **долгосрочной экономии на эксплуатационных расходах** и **государственным субсидиям**, эти затраты могут быть компенсированы.

- **Возврат инвестиций (ROI).** Оценка срока окупаемости инвестиций и потенциальной экономии от снижения затрат на энергоснабжение. Важно учитывать как **экономические выгоды**, так и **экологические преимущества**.

**Образование и повышение осведомленности**. Для успешного внедрения ZEB необходима работа с различными заинтересованными сторонами:

- **Образование и тренинг.** Обучение архитекторов, инженеров и строителей современным методам проектирования и строительства ZEB.

- **Осведомленность общественности.** Информационные кампании и проекты по повышению осведомленности о преимуществах и возможностях ZEB для конечных пользователей и владельцев.

**Построение и управление**. Эффективное управление и эксплуатация ZEB важны для достижения их заявленных целей:

- **Мониторинг и управление.** Постоянный мониторинг энергопотребления и производительности зданий с использованием **интеллектуальных систем управления** и **анализаторов данных** для обеспечения соответствия проектным показателям.

- **Обслуживание и адаптация.** Регулярное техническое обслуживание и модернизация систем, а также адаптация к изменяющимся условиям и требованиям.

**Инновационные технологии и тренды.** Современные и будущие технологии, которые могут способствовать достижению и улучшению концепции ZEB:

- **Динамические фасады.** Инновационные фасадные системы, которые адаптируются к условиям окружающей среды для оптимизации солнечного освещения и теплоизоляции.

- **Технологии зеленых крыш.** Использование зеленых крыш для улучшения теплоизоляции, поглощения дождевой воды и создания зеленых пространств.

- **Автономные системы управления.** Продвинутые системы искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации потребления энергии и повышения общей эффективности здания.

**Современные новшества и тренды в Net Zero Energy Buildings**

**1. Энергетические материалы нового поколения**

- **Суперизоляционные материалы.** Включение **аэрогелей** и **фазовых сменных материалов (PCM)** в строительные конструкции может существенно повысить теплоизоляцию зданий. Аэрогели обладают низкой теплопроводностью и могут использоваться для создания тонких, но эффективных изоляционных слоев. PCM позволяют эффективно регулировать внутреннюю температуру, поглощая и высвобождая тепло в зависимости от температуры.

- **Фотовольтаические окна.** Разработка **технологий интегрированных фотовольтаических окон**, которые преобразуют солнечный свет в электричество, пока выполняют функции обычных окон. Эти окна могут быть установлены в фасадах зданий и обеспечивать дополнительное производство энергии без увеличения площади застройки.

Таблица 21.3.

**Инновационные технологии и разработки в устойчивом городском планировании**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Технология** | **Описание** | **Примеры и Применение** |
| Виртуальные модели городов | Создание цифровых двойников для планирования и управления | Цифровые модели для симуляции сценариев |
| Умные материалы | Материалы, изменяющие свои свойства в зависимости от внешних условий | Термохромные покрытия, самовосстанавливающиеся материалы |
| Интеллектуальные транспортные системы | Технологии для оптимизации управления транспортом и улучшения передвижения | Автономные транспортные средства, умные светофоры |
| Циклическая экономика | Принципы повторного использования и переработки ресурсов | Компостируемые материалы, умные системы сортировки |
| Умные системы управления данными | Использование ИТ-технологий для анализа и управления городской инфраструктурой | Большие данные, когнитивные системы управления |

**2. Умные и гибкие энергосистемы**

- **Адаптивные системы управления энергией.** Современные **интеллектуальные системы управления** могут использовать **алгоритмы машинного обучения** для прогнозирования и оптимизации потребления энергии на основе поведения пользователей, погодных условий и других факторов. Это позволяет динамически адаптироваться к изменяющимся условиям и улучшать общую эффективность здания.

- **Гибридные системы хранения энергии.** Новые **технологии хранения**, такие как **солевые аккумуляторы** и **технологии хранения энергии в виде водорода**, могут быть интегрированы в ZEB для более эффективного управления накопленной энергией. Эти системы могут хранить избыток энергии, произведенной солнечными панелями или ветрогенераторами, и использовать ее в периоды низкой выработки.

**3. Устойчивое строительство и умные материалы**

- **3D-печать зданий** позволяет создавать строительные элементы с высокой точностью и минимальными отходами. Это также открывает возможности для использования **экологически чистых строительных материалов** и создания сложных структур с улучшенными теплоизоляционными свойствами.

- **Карбон-отрицательные материалы.** Новые строительные материалы, такие как **конкретные смеси с углеродным захватом**, способны не только уменьшать выбросы углерода в процессе производства, но и активно захватывать углерод из атмосферы в течение всего жизненного цикла материала.

**4. Внедрение водородных технологий**

- **Топливные элементы на водороде** могут обеспечивать здание чистой энергией и водой в процессе генерации. Это особенно актуально для удаленных районов, где доступ к традиционным источникам энергии может быть ограничен.

- **Системы генерации и хранения водорода.** Разработка **технологий генерации водорода** с использованием солнечной или ветряной энергии, а также **инновационные системы хранения** водорода, такие как **сжиженные или химически связаны** формы, могут способствовать устойчивому и автономному энергетическому обеспечению ZEB.

**5. Интеграция экосистем и биомиметика**

- **Живые здания.** Интеграция **живых систем** в здания, таких как **растительные фасады** или **внутренние сады**, помогает улучшить качество воздуха, снижает потребление энергии на охлаждение и способствует повышению общего комфорта. Эти системы могут использовать **биомиметику**, имитируя природные процессы для повышения устойчивости и эффективности.

- **Биомиметические конструкции.** Вдохновение от природных форм и процессов для создания новых строительных решений. Например, использование принципов, наблюдаемых в структуре пчелиных сот, для создания эффективных и устойчивых архитектурных форм.

**6. Автоматизация и роботизация**

- **Роботизированное строительство.** Применение **роботов** для автоматизации строительных процессов, таких как укладка материалов или монтаж конструкций, может снизить затраты и повысить точность. Эти технологии также способствуют снижению отходов и улучшению качества строительства.

- **Дроны для мониторинга** могут использоваться для мониторинга состояния здания, сбора данных о его энергоэффективности и инспекции сложных конструкций. Это позволяет оперативно выявлять и устранять проблемы, связанные с энергией и эксплуатацией.

Эти новшества и тренды отражают текущие достижения в области устойчивого строительства и могут значительно улучшить реализацию концепции Net Zero Energy Buildings. Внедрение передовых технологий и методов позволяет создавать более эффективные, устойчивые и инновационные здания, которые способствуют более экологичному и комфортному образу жизни.

**21.6. Новые технологии и разработки в области устойчивого городского планирования**

**Развитие технологий и подходов**

Современные **технологии адаптации к изменению климата** становятся ключевыми элементами устойчивого городского планирования. В условиях усиливающегося климатического воздействия, растет интерес к **резильентным инфраструктурным решениям**, которые обеспечивают устойчивость городских систем. Это включает использование **умных дренажных систем**, способных адаптироваться к интенсивным осадкам, и **зеленой инфраструктуры**, такой как **биофильтры и поглощающие осадки покрытия**, которые помогают уменьшить риск наводнений и эрозии. **Адаптивные фасады** зданий, которые изменяют свои свойства в зависимости от климатических условий, также представляют собой важное направление. Эти фасады могут автоматизированно регулировать теплоизоляцию и вентиляцию в зависимости от температуры и солнечного света, что способствует оптимизации внутреннего климата и снижению энергозатрат.

В контексте **интеграции городской экосистемы** новые **геопространственные платформы** и специализированные программные обеспечения позволяют объединить различные аспекты городской инфраструктуры в единую систему управления. Эти платформы помогают лучше управлять **земельным использованием**, **транспортными потоками** и **экологическими системами**, предоставляя данные для принятия более обоснованных решений. Растет также интерес к **городским экосистемным сервисам**, которые оценивают влияние различных проектов на экосистемные услуги, такие как очистка воздуха и поддержание биоразнообразия, что позволяет лучше планировать и реализовывать проекты с учетом экологических факторов.

**Энергетическая автономия и декарбонизация** становятся важными аспектами городского планирования. В последние годы наблюдается активное использование **локальных энергетических систем**, включая **малые ветряные турбины** и **солнечные панели на крышах**, в сочетании с **блокчейн-технологиями** для управления распределением энергии. Это обеспечивает более гибкое и прозрачное управление энергетическими потоками. **Углеродно-нейтральные и углеродно-отрицательные строительные материалы**, такие как **блоки на основе углерода** и **изолирующие панели**, помогают сократить углеродный след зданий и способствуют снижению общего уровня выбросов.

**Дизайн с учётом круговой экономики** приобретает все большую популярность. Внедрение **принципов круговой экономики** в строительство и городское планирование включает **повторное использование строительных материалов** и **модульное строительство**, что помогает минимизировать отходы и максимизировать использование ресурсов. Принципы **проектирования для разборки** позволяют создавать здания, которые легко разбираются и перерабатываются в конце их жизненного цикла, поддерживая циклические процессы и снижая количество строительных отходов.

**Прогнозы и будущее устойчивого развития городов**

Будущее устойчивого развития городов связано с несколькими ключевыми направлениями. **Автономные города** становятся реальностью благодаря использованию **искусственного интеллекта** для управления всеми аспектами городской жизни, включая транспорт, энергоснабжение и безопасность. **Автономные транспортные системы** и **интеллектуальное управление инфраструктурой** будут активно внедряться, что обеспечит более эффективное и безопасное функционирование городов.

В области **гармонии с природой** ожидается развитие **концепций городских лесов** и **паркоподобных городов**, которые интегрируют природные элементы в инфраструктуру и планирование. Это включает создание **зеленых коридоров** и **интеллектуальных экосистем**, которые способствуют улучшению качества жизни и поддержанию биоразнообразия в урбанистической среде.

**Новые формы транспортной инфраструктуры** также будут играть важную роль в будущем. Прогнозируется рост интереса к **подземным транспортным системам**, таким как **гиперлупы** и **пассажирские туннели**, а также к **надземным транспортным системам**, таким как **вертикальные транспортные решения** и **дроновые такси**. Эти системы будут интегрированы с существующей инфраструктурой и обеспечат более удобные и быстрые транспортные решения.

В будущем также ожидается развитие **технологий для устойчивого использования ресурсов**. **Биоинженерия и синтетическая биология** будут использоваться для создания **устойчивых источников пищи** и **энергетических ресурсов** в городских условиях, что поможет снизить зависимость от традиционных источников ресурсов. **Квантовые технологии** будут применяться для решения задач, связанных с **оптимизацией энергетических систем** и **управлением городскими данными**, что может привести к значительным улучшениям в планировании и управлении.

Эти новые технологии и подходы обеспечивают передовые решения для устойчивого развития городов, способствуя созданию более умных, устойчивых и эффективных урбанистических систем. Их внедрение будет способствовать улучшению качества жизни в городах, снижению экологического следа и обеспечению более эффективного использования ресурсов.

**Важность интеграции устойчивых подходов в городское планирование**

**1. Переход к виртуальным и гибридным городам.** Современные тенденции показывают, что **виртуальные и гибридные города** становятся важной частью устойчивого планирования. **Виртуальные города** используют цифровые технологии для создания **виртуальных моделей** реальных городов, которые помогают в планировании и управлении городской инфраструктурой. Эти модели позволяют проводить **симуляции** различных сценариев и оценивать их влияние на устойчивость города. В свою очередь, **гибридные города** интегрируют как физические, так и цифровые компоненты, создавая **интерактивные и адаптивные urban environments**, где данные и технологии используются для оптимизации городской жизни в реальном времени.

**2. Развитие умных материалов и конструкций** становятся все более важными в контексте устойчивого городского планирования. **Интерактивные строительные материалы** могут изменять свои свойства в зависимости от внешних условий, таких как температура и влажность, что способствует улучшению **энергетической эффективности** и **долговечности зданий**. Например, **термохромные покрытия** изменяют цвет в зависимости от температуры, помогая регулировать тепловую нагрузку на здания. **Самовосстанавливающиеся материалы**, такие как **бетон с микроорганизмами**, могут самостоятельно заполнять трещины и дефекты, увеличивая срок службы конструкций и снижая потребность в ремонте.

**3. Энергетические компоненты городских экосистем.** Интеграция **энергетических компонентов** в городские экосистемы становится важной частью планирования. **Энергетически активные города** включают в себя **энергетические хабы**, которые позволяют эффективно распределять и использовать энергию на местном уровне. **Энергетические острова**, такие как **солнечные и ветряные фермы**, интегрированные в городские районы, позволяют снижать зависимость от централизованных источников энергии и повышать устойчивость к перебоям в энергоснабжении.

**4. Инновации в урбанистической экологии** включают в себя создание **экологически активных пространств** и **функциональных экосистем**. Например, **биоактивные зоны** могут быть интегрированы в городские ландшафты, способствуя **улучшению качества воздуха** и **снижению температуры**. **Экосистемные здания**, которые включают **зеленые стены** и **водные элементы**, способствуют созданию здорового микроклимата и улучшению биологического разнообразия.

**5. Эволюция технологий управления данных. Управление данными** в городском планировании становится более комплексным благодаря **инновационным технологиям**. **Когнитивные системы управления** используют **машинное обучение** и **искусственный интеллект** для анализа больших объемов данных и прогнозирования потребностей городской инфраструктуры. **Аналитика данных в реальном времени** позволяет городским службам оперативно реагировать на изменения и предсказывать проблемы до их возникновения.

**6. Внедрение технологий устойчивого строительства. Устойчивое строительство** продолжает развиваться благодаря новым технологиям. **Модульное строительство** и **промышленные методы** строительства позволяют снижать затраты и время на возведение зданий, а также улучшать их энергетическую эффективность. **Принципы устойчивого дизайна** включают использование **материалов с низким углеродным следом** и **модульных систем**, которые способствуют созданию адаптивных и перерабатываемых зданий.

**7. Устойчивое управление водными ресурсами.** Инновационные **технологии управления водными ресурсами** включают в себя **умные системы мониторинга** и **интегрированные водные циклы**. **Системы умного водоснабжения** позволяют отслеживать и управлять потреблением воды в реальном времени, предотвращая утечки и оптимизируя использование ресурсов. **Водоразделы и управляемые экосистемы** обеспечивают эффективное распределение и очистку воды, способствуя устойчивому управлению водными ресурсами в городских условиях.

Интеграция устойчивых подходов в городское планирование требует внедрения передовых технологий и инновационных решений, способных адаптироваться к меняющимся условиям и потребностям. **Виртуальные и гибридные города**, **умные материалы**, **энергетические компоненты**, **экологически активные пространства**, **инновации в управлении данными**, **технологии устойчивого строительства** и **управление водными ресурсами** формируют основу для создания устойчивых и адаптивных урбанистических систем. Эти новые подходы и технологии помогают строить города будущего, которые будут не только функциональными и экономически эффективными, но и устойчивыми к экологическим и климатическим вызовам.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие ключевые принципы лежат в основе устойчивого городского планирования?

2. Каковы основные цели и характеристики Net Zero Energy Buildings (ZEB)?

3. Какие подходы используются для достижения нулевого потребления энергии в зданиях?

4. Какие новейшие технологии в области умных материалов и конструкций способствуют улучшению энергетической эффективности зданий?

5. Как виртуальные модели городов и цифровые двойники помогают в устойчивом планировании?

6. В чем заключаются основные вызовы и решения в управлении водными ресурсами в городских условиях?

7. Какие инновационные подходы существуют в области устойчивого транспорта и мобильности?

8. Какие современные технологии и методы используются для достижения целей устойчивого развития в городских экосистемах?

9. Как циклическая экономика способствует устойчивому городскому планированию и что из себя представляет?

10. Какие прогнозы на будущее существуют для развития устойчивых городов и какие направления технологий наиболее перспективны?