

АРХИТЕКТУРНЫЕ ПРИНЦИПЫ АДАПТАЦИИ ТИПОВЫХ ЗДАНИЙ ПОД ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ФЕРМЫ

Каршибоев Бунёджон Зафар угли

Магистрант Ташкентского архитектурно строительного университета (BIAr-24) Bunyod20013329@gmail.com (33)577-33-29

Назаренко Т.В.

*Руководитель: доцент кафедры «Архитектура»
nazarenko.tv14@gmail.com (97) 157-14-03*

Аннотация: *В условиях дефицита городских территорий и роста потребности в устойчивом продовольственном обеспечении особую актуальность приобретает адаптация существующих зданий под вертикальные фермы. В статье рассматриваются архитектурные принципы интеграции агропроизводственных систем в типовую застройку, включая промышленные, коммерческие и жилые здания. Проанализированы международные примеры, выявлены требования к пространственной организации, несущим конструкциям и инженерным системам. Особое внимание уделено оценке возможности применения данных решений в условиях Узбекистана.*

Ключевые слова: *вертикальные фермы, адаптация зданий, архитектура, гидропоника, реконструкция, устойчивое развитие.*

Введение

Современные города испытывают возрастающее давление, связанное с нехваткой земельных ресурсов, ростом населения и необходимостью устойчивого развития. В этих условиях актуальным становится использование существующего строительного фонда для размещения новых функций, включая городское сельское хозяйство. Вертикальные фермы представляют собой инновационную модель агропроизводства, позволяющую интегрировать выращивание сельскохозяйственных культур непосредственно в структуру зданий [1].

Целью данной статьи является анализ архитектурных принципов адаптации типовых зданий под вертикальные фермы и выявление наиболее эффективных решений для их интеграции.

Глобальный опыт внедрения вертикальных ферм. За последние два десятилетия вертикальное земледелие превратилось из экспериментальной технологии в самостоятельную часть городской инфраструктуры во многих странах мира. Рост

интереса связан с потребностью крупных мегаполисов в устойчивых системах продовольственного снабжения, возможностью круглогодичного производства и эффективным использованием ограниченных городских территорий. Наиболее значимые проекты демонстрируют разнообразие архитектурных решений — от реконструкции промышленных зданий до строительства специализированных многоэтажных агрокомплексов [2].

Ключевые мировые проекты показывают, что вертикальные фермы успешно реализуются преимущественно в реконструированных зданиях. Примеры AeroFarms (США), Spread (Япония) и Lufa Farms (Канада) демонстрируют использование промышленных помещений и крыш зданий для размещения многоярусных агросистем [3][4][6]. Общей тенденцией является отказ от традиционного сельского хозяйства в пользу контролируемых сред, обеспечивающих стабильную урожайность и снижение потребления ресурсов.

Таким образом, мировой опыт демонстрирует, что вертикальные фермы могут быть успешно интегрированы в различные типы городской застройки — от крыш жилых домов до крупных промышленных зон. Это подтверждает возможность применения аналогичных решений в Узбекистане при адаптации технологий к местным климатическим условиям, особенностям инженерной инфраструктуры и архитектурной специфике зданий.

Архитектурные аспекты адаптации типовых зданий под вертикальные фермы. Адаптация существующих зданий под вертикальные фермы является одним из наиболее перспективных направлений развития городской агроинфраструктуры. В отличие от строительства новых объектов, использование существующего фонда позволяет сократить строительные затраты, минимизировать временные издержки и избежать дополнительного освоения земли. Наиболее подходящими для интеграции ферм являются здания промышленного назначения, складские помещения, торговые центры, а также крыши жилых домов, обладающие достаточной несущей способностью [7].

Ключевым архитектурным параметром является высота помещения. Вертикальные фермы требуют размещения многоярусных стеллажей высотой от 3 до 12 метров. Промышленные объекты советского периода, например типовые цеха П-570А или склады серии 1.420-1, обладают высотой от 6 до 9 метров, что делает их удобными для установки вертикальных модулей [8]. Жилые дома, напротив, имеют ограниченную высоту этажей (2,8–3,0 м), что требует использования низкопрофильных систем или размещения ферм исключительно на крышах.

Другим важным аспектом является несущая способность конструкций. Вес гидропонных или аэропонных систем значительно ниже веса почвенных установок, но наличие воды, оборудования и металлических стеллажей создаёт дополнительную нагрузку. Средняя масса многоярусной гидропонной установки составляет 60–90 кг/м², в то время как допустимая нормативная нагрузка на кровли жилых зданий в Узбекистане согласно СНиП 2.01.07-85* составляет 150–200 кг/м² [10]. Это позволяет размещать вертикальные мини-фермы на крышах современных панельных и монолитных домов при условии предварительной оценки конструкций.

Инженерные требования также играют важную роль. Вертикальные фермы требуют:

- стабильного электроснабжения для LED-освещения (80–150 Вт/м²),
- системы приточно-вытяжной вентиляции и контроля CO₂,
- водоснабжения и дренажной системы,
- теплоизоляции и защиты от перегрева, особенно в условиях Узбекистана, где температура на крыше может достигать +70°C [9].

При адаптации торговых центров или промышленных зданий возможно использование существующих инженерных систем, что снижает стоимость проекта на 20–25% по сравнению со строительством «с нуля» [5].

С точки зрения архитектурной компоновки, вертикальные фермы могут быть интегрированы несколькими способами:

1. Полная реконструкция помещения под ферму (пример: фабрики AeroFarms).
2. Встраивание модульных установок в существующие цеха и склады.
3. Размещение лёгких тепличных систем на крышах с облегчённым каркасом (алюминий + поликарбонат).
4. Фасадные теплицы, представляющие собой вертикальные стеклянные модули, примыкающие к зданию.

Для наглядного сравнения основных типов зданий, пригодных для размещения вертикальных ферм, представлена таблица 1.

Таблица 1. Сравнение типов зданий по степени пригодности для вертикальных ферм

Тип здания	Преимущества	Ограничения	Степень пригодности
Промышленные здания (цеха, склады)	Высокие потолки (6–12 м); большая площадь; мощные конструкции; наличие инженерных сетей	Требуется реконструкция; возможная изношенность конструкций	★★★★★
Торговые центры	Хорошая вентиляция; наличие тепла от внутренних помещений; удобная логистика	Ограничения по распределению потоков посетителей; высокая стоимость аренды	★★★★☆
Паркинги многоуровневые	Прочные перекрытия; постоянная температура; большой объём	Недостаток естественного света; требуется серьёзная инженерная модернизация	★★★★☆
Жилые крыши многоэтажек	Доступные площади; высокий потенциал энергоэкономии; возможность интеграции солнечных панелей	Ограниченная несущая способность; температурные перегревы; шумовые требования	★★★★☆
Административные здания	Хорошие коммуникации; возможность интеграции с офисными функциями	Ограниченная высота этажей; нежелательность влажных процессов	★★★★☆

Проведённый анализ показывает, что наиболее перспективными для переоборудования являются промышленные здания и торговые центры, в то время как крыши жилых домов дают наибольший потенциал в массовом применении и развитии локальной продовольственной инфраструктуры.

Для Узбекистана ключевым преимуществом является наличие большого количества пустующих промышленных зданий советского периода, значительная часть которых расположена вблизи жилых массивов Ташкента и региональных центров. Их перепрофилирование под вертикальные фермы может стать частью стратегии реновации и формирования «зелёных производственных кластеров».

Заключение

Интеграция вертикальных ферм в существующие здания представляет собой эффективный архитектурный подход к устойчивому развитию городов. Наиболее перспективными объектами для адаптации являются промышленные здания и крыши жилых домов, обладающие необходимыми пространственными и конструктивными характеристиками. Применение современных агротехнологий позволяет

трансформировать устаревший фонд в функционально новые объекты, отвечающие требованиям современной городской среды.

Список литературы

1. Despommier D. The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century. – St. Martin’s Press, 2010.
2. Al-Kodmany K. The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City. Buildings, 2018, Vol. 8(2), pp. 24–42.
3. AeroFarms. (2023). The World’s Largest Indoor Vertical Farm. Доступ: <https://www.aerofarms.com>
4. Spread Co. (2023). Kameoka Plant Factory Automated Systems. Доступ: <https://spread.co.jp>
5. Graamans L., Baeza E., Dobbelsteen A. Plant factories vs. greenhouses: Comparison of resource use efficiency. Agricultural Systems, 2018, Vol. 160, pp. 31–43.
6. Lufa Farms. (2023). Rooftop Greenhouses in Montreal. Доступ: <https://lufa.com>
7. O‘zDSt 232-2006. Construction Norms and Regulations for Residential Buildings in Uzbekistan. – Agency for Standardization, Uzbekistan.
8. Таблицы типовых промышленных зданий СССР: серии II-570А, 1.420-1. Министерство строительства СССР, 1985.
9. Urban farming in arid climates: energy and cooling requirements. Climate Engineering Review, 2021, Vol. 12(3), pp. 41–57.
10. СНиП 2.01.07-85*: «Нагрузки и воздействия». – Госстрой СССР, 1985.