

УДК 69.036

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ВАРИАНТОВ ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

О.А. КУДЁЛКО**(ЗАО «ЛЕКТ», Минск);****канд. техн. наук, доц. В.В. БОЗЫЛЕВ****(Полоцкий государственный университет)**

Выявлены внешние (ограничивающие) и внутренние (целевые) факторы, влияющие на выбор объёмно-планировочных и конструктивных решений при проектировании транспортно-логистических центров и зданий складов. Систематизированы основные требования и критерии к их проектированию и строительству. На основе заданных критериев для выбора наиболее оптимального варианта компоновки зданий складского центра, формы и габаритов здания самого склада предложено использование метода имитационного моделирования. На предпроектной стадии учитываются технологии склада, которые определяют его параметры, варианты его конструктивного, объёмно-планировочного решения. Сделан вывод, что при определении себестоимости строительства будущего центра, уровня категоричности центра и склада необходимо учитывать и возможность применения при проектировании типовых или повторных проектных решений. На основании проведённых исследований показаны особенности и предложен состав проектных решений транспортно-логистических центров, а также методика их архитектурного проектирования.

При проектировании предприятий, зданий и сооружений производственного назначения должны учитываться решения, принятые в схемах и проектах районной планировки, а также в проектах планировки и застройки городов, других населённых пунктов. Предполагается, что важнейшим направлением в проектировании *транспортно-логистических центров (ТЛЦ)* должна быть максимальная унификация конструкций и изделий, а также широкое применение типовых проектных решений.

Постановка задачи. Если систематизировать запросы инвесторов, можно резюмировать, что проектировщикам в процессе разработки проектов транспортно-логистических центров приходится либо определять конфигурацию и возможные размеры зданий, вписывая их в участки земли совершенно произвольной формы, либо создавать складские технологии для конкретных сооружений, реконструируемых под склады. Заказчиков (инвесторов) можно условно разделить на следующие группы:

- 1) строящих новые склады для дальнейшего развития собственного бизнеса (торговля и дистрибуция);
- 2) реконструирующих под склады бывшие промышленные здания (торговля и дистрибуция);
- 3) использующих под производственные склады промышленные здания при изменении профиля производства);
- 4) строящих новые склады для оказания складских услуг.

Понятно, что применить принципы типизации и унификации при проектировании, а тем более типовые проекты, наиболее эффективно будет в первом и четвёртом случаях.

Все инвесторы рассматривают склад как инструмент для получения определенного дохода (путем сдачи в аренду складских площадей либо оказания более широкого спектра услуг). Но они часто изначально не имеют полного представления о структуре склада, о его назначении и потенциальных клиентах.

Основная задача проектировщиков – максимизировать пятно застройки, сделать склад как можно более гибким и универсальным под постоянно меняющиеся условия бизнеса. При этом должны быть рассмотрены разные строительные решения, связанные с различными параметрами сеток колонн отечественных и импортных производителей, возможной высотности здания, а также ряд других факторов.

Методы исследований. Для выбора наиболее оптимального варианта компоновки зданий складского центра, формы и габаритов здания самого склада предлагается использовать метод имитационного моделирования и имитации [1] с учётом критериев, определяемых Заказчиком.

Имитационная модель – логико-математическое описание объекта, которое может быть использовано для экспериментирования на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта.

1. Факторы, влияющие на выбор вариантов объёмно-планировочных и конструктивных решений зданий транспортно-логистических центров

Поскольку для большинства Заказчиков характерно желание построить единый современный функциональный комплекс, даже ценой затрат на снос существующих на месте застройки ранее возведённых зданий, то для применения типовых объёмно-планировочных и конструктивных решений (ОПКР) имеются

все условия. Установлено, что, кроме наличия у проектировщиков на предпроектной стадии технологии склада, определяющей его параметры, варианты его конструктивных и объёмно-планировочных решений, себестоимости строительства будущего центра, уровня категоричности (класса) центра и склада необходимо ещё учитывать и возможность применения при проектировании типовых или повторных проектных решений. Это, по сути, и есть параметры факторов, которые можно использовать в качестве критериев оценки.

Перечисленные выше факторы являются внутренними (целевыми). Также установлено, что на выбор ОКТР могут оказывать влияние и другого рода факторы, а именно внешние (ограничивающие). К ним можно отнести ситуацию, когда «вписывать» технологию будущего объекта приходится в существующие цеха, переходить на индивидуальные проектные решения, чтобы поместить объект на стеснённой площадке, вынужденно снижать класс объекта в ходе строительства из-за недостатка средств у инвестора и др.

2. Состав и особенности проектных решений транспортно-логистических центров

• **Концепция транспортно-логистического центра.** Концепция формируется на основании маркетинговых исследований, допущений о технологических функциях складского комплекса, типах грузов и операционных объемах, а также с учетом практики и предпочтений заказчика. Как правило, концепция в себя включает:

- концептуальное определение складского комплекса;
- базисное планировочное решение (схема генерального плана);
- базисную логистическую модель;
- имитационную модель складского комплекса.

Концептуальное определение складского комплекса формируется на основании маркетинговых исследований и оценки территории застройки.

Базисное планировочное решение комплекса позволяет выбрать оптимальную схему расположения складов и операционных площадок, офисных, инженерных и иных зданий и сооружений на территории ТЛЦ, определить оптимальную схему движения транспорта по территории, а также оценить требуемые мощности инженерных сетей.

Разрабатываются варианты базисного планировочного решения, включающие:

- расположение и размеры складов (существующих и новых) и операционных площадок (контейнерные площадки, площадки кросс-докинга);
- расположение офисных, административно-хозяйственных и инженерно-технических зон;
- схему транспортных потоков по территории: зоны въезда/выезда, выгрузки/погрузки, стоянок и маневрирования автомобильного транспорта.

Каждый вариант базисного планировочного решения сопровождается кратким описанием его преимуществ и недостатков. Варианты базисного планировочного решения разрабатываются с учетом этапов застройки территории.

Составляется экспертное заключение по преимущественному варианту. Утвержденный Заказчиком вариант базисного планировочного решения транспортно-логистического центра является основой для дальнейшего формирования базисной логистической модели.

Базисная логистическая модель ТЛЦ разрабатывается по специальному заданию заказчика с целью наглядного представления функционирования будущего комплекса в динамике и включает:

- топологию технологических зон (для каждого терминала и операционной площадки): размеры, варианты конструктивных решений зданий, размещение внутренних технологических зон и состав помещений, схему расстановки технологического оборудования (стеллажей и т.п.), схему внутренних потоков техники и персонала;
- технологические решения (для каждого терминала и операционной площадки): требования к составу и объемам логистических операций; общая схема материальных потоков; структурная транспортно-технологическая схема переработки грузов; расчет потребности в персонале и технике;
- требования к конструкциям и инженерным системам (для каждого терминала и операционной площадки): рекомендации по конструкциям новых терминалов и реконструкции существующих, устройство напольных покрытий, температурный, влажностный режим, требования к иным инженерным системам, необходимым для функционирования терминала/операционной площадки;
- аксонометрические изображения складского комплекса (3D-виды) для утвержденного Заказчиком базисного планировочного решения.

Имитационная модель складского комплекса с учетом внешних и внутренних транспортных потоков наглядно демонстрирует функционирование ТЛЦ в динамике и разрабатывается на основе базисной логистической модели и с использованием пакета имитационного моделирования. Позволяет точно, с применением динамической графической визуализации рассчитать максимальные (критические) и оптимальные транспортные нагрузки по ТЛЦ, а также учесть влияние транспортных потоков функционирующего центра на загрузку примыкающих транспортных путей, развязок и транспортных узлов.

• **Проект генерального плана транспортно-логистического центра.** При проектировании генерального плана необходимо ознакомиться с существующими решениями аналогичных предприятий в отечественной и зарубежной практике. На основании данных выбранной для строительства площадки разрабатывают генеральный план ТЛЦ, который является проектным документом, определяющим размеры необходимой территории, размещение зданий и сооружений, их габариты, инженерную организацию и благоустройство территории будущего центра.

Проект генерального плана ТЛЦ должен включать:

- краткую характеристику согласованной в установленном порядке площадки для строительства;
- обоснование решений по внутриплощадочным транспортным путям, выбора видов транспорта, погрузо-разгрузочного фронта, прилегающей инфраструктуры;
- основные планировочные решения и решения по вертикальной планировке и благоустройству территории;

- технические средства для обслуживания территории;

- устройство ливнестоков, решения по инженерным сетям и коммуникациям;

- организацию охраны предприятия.

Погрузо-разгрузочный фронт может быть расположен как с одной стороны складского здания, так и с двух сторон, при условии ограничения площади участка застройки. Наиболее эффективным с точки зрения показателя застройки участка является размещение погрузо-разгрузочного фронта с одной стороны складского здания при расстановке доков в каждой секции стены склада через каждые 6 м.

Ввиду многообразия зданий применяют различные приемы планировки и застройки складской территории. Возможны следующие застройки: квартально-панельная, павильонная, сплошная-секционно-гребенчатая. Главный вход на территорию центра следует предусмотреть со стороны основного подхода или подъезда. По условиям эксплуатации и охраны предприятия требуется ограждение его территории по всему периметру. В качестве материалов дорожных одежд на проездах и площадках применяется асфальтобетон, бетон, а на тротуарах – тротуарные плитки и мелкозернистый асфальт.

Наиболее выгодной формой склада является прямоугольник с расположением погрузо-разгрузочного фронта с одной, наиболее длинной, стороны склада. Такая форма склада и расположение погрузо-разгрузочного фронта позволяет увеличить площади основных производственных зон склада (экспедиций, зон приемки, отгрузки и комплектации). Критериями выбора варианта застройки являются: максимальная плотность застройки, соответствие задачам бизнеса.

Для обеспечения максимальной скорости и простоты возведения здания склада рекомендуется применять модульный принцип построения объемов складов – сборное здание прямоугольной формы в виде серии модулей, соединенных между собой. Для транспортно-логистических центров рекомендуется предусматривать автономное инженерное обеспечение. В современных условиях такие центры – это уже не только склады. Их архитектура получает иное, более весомое значение. Теперь этот тип промышленно-складских объектов может включать в себя помимо складов целый ряд дополнительных объектов [2].

Еще одним качеством, отличающим производственные комплексы нового поколения, можно назвать гибкость и мобильность объемно-планировочных, конструктивных и инженерных решений, способствующих более эффективному использованию производственных площадей. Для логистических объектов автономное инженерное обеспечение имеет немаловажное значение, так как транспортно-логистические центры обычно располагаются в отдалении от города, с его системой коммуникаций.

• **Объемно-планировочное решение складского здания.** Смысл возведения любого промышленного здания состоит в оптимальном решении, с одной стороны, инженерно-технологических проблем, с другой – социальных. Первая группа проблем – размещение технологического оборудования, транспортное и другие виды его обслуживания, обеспечение производства всеми необходимыми энергетическими и сырьевыми ресурсами. Вторая группа обусловлена пребыванием человека в цехе и связана с необходимостью создания комфортного микроклимата, системы бытового обслуживания работающих, обеспечения надежной охраны труда.

Объемно-планировочное решение складского здания в первую очередь определяется особенностями технологического процесса, характером оборудования и параметрами внутрицеховой среды.

В основу объемно-планировочных решений склада следует положить такие принципы:

- четкое функциональное зонирование производственных площадей с максимальной протяженностью технологических потоков;

- максимальная унификация строительных параметров зданий;

- компактное размещение производственных участков;

- обеспечение комфортных условий труда и бытового обслуживания рабочих и служащих.

Основными параметрами складского здания при проектировании являются: пол и погрузочная высота склада, рабочая высота складирования грузов, форма (длина и ширина) склада, расположение здания склада на участке, расположение офисных помещений, разгрузочно-погрузочный фронт.

Основные архитектурно-пространственные решения здания склада, которых рекомендуется придерживаться: использование оригинальных (для индивидуального проектирования) или простых (для типового проектирования) архитектурных форм, модульный принцип компоновки здания склада, его вертикальное развитие, автономное инженерное обеспечение [3].

Практически в мире при строительстве транспортно-логистических центров применяется модульный принцип архитектурно-планировочного решения и использование вертикального направления технологического процесса [4].

Модульное проектирование отражает определенную технологию проектирования, в соответствии с которой любая часть системы синтезируется из более мелких фрагментов (модулей). Модульное проектирование хорошо согласуется с *эволюционным подходом*, при котором приходится строить и анализировать совокупность последовательно улучшаемых моделей.

Принципиальная компоновка технологического потока склада, выбор длины и ширины здания определяются на стадии разработки генерального плана такого логистического центра. На данном этапе имеет место уточнение габаритов здания и его архитектурно-конструктивная разработка. Для упрощения решения узлов и сопряжений, сокращения числа размеров сборных элементов установлены правила привязки элементов производственных зданий к модульным разбивочным осям [5]. В соответствии с принципиальной компоновкой технологического потока цеха и основными параметрами производственного здания определяются площади помещений цеха, уточняется связь между планировкой отделений, принятой сеткой колонн и взаимным расположением пролетов в здании. Площадь каждой части склада может занимать несколько пролетов или один пролет, а также часть его по длине. Следует добиваться того, чтобы границы отделений совпадали с сеткой колонн здания.

В настоящее время при проектировании складских комплексов есть технические возможности строительства складских корпусов с шагом колонн с точностью до 30 см. Это дает возможность оптимизировать ширину прохода под конкретное подъемно-транспортное оборудование и увеличить емкость склада (паллетоместа на метр квадратный площади склада). Данный метод проектирования системы складирования приведет к корректировке ширины складского здания и, возможно, генплана. В настоящее время опытным путем установлено, что спроектированный и построенный склад на основании логистического решения позволяет значительно сократить инвестиционную стоимость проекта. Площадь пожарных отсеков определяется в соответствии с противопожарными нормами и соответствует определенной степени огнестойкости зданий [6]. Проект здания склада может разрабатываться как для зданий, которые имеют разработанную детальную технологию, так и для зданий, где нет жесткой зависимости от технологических процессов. В первом случае проектирование выполняется на основе результатов технологического проектирования, а во втором – проект здания склада может и должен разрабатываться с применением типовых технологических решений на основе технического задания и требований Заказчика.

Технологический процесс в складе предопределяется:

- производственно-технологической схемой, в которой установлена определенная последовательность операций;
- намеченным технологическим оборудованием и характером его расстановок;
- видом и грузоподъемностью внутрискладского транспорта;
- номенклатурой, размерами и последовательностью расположения помещений;
- внутренним температурно-влажностным режимом;
- местами поступления товара и вспомогательных материалов, отгрузки товара, удаления отходов производства;

- местами ввода инженерных сетей.

Постановочные задачи для проектирования здания склада следующие:

- определение класса склада в соответствии с СТБ 2047 и СТБ 2133;
- определение оптимальной площади склада;
- определение функций склада, которые он будет выполнять;
- выявление товарных и транспортных потоков, которые будут действовать внутри этого здания;
- подбор оборудования, необходимого для решения вопросов хранения и обработки грузов;
- расчёт необходимого количества ворот для решения вопросов приемки-отгрузки товара;
- выбор оптимального шага колонн для размещения внутри склада стеллажных конструкций;
- размещение административно-бытовых помещений.

На этапе разработки внутренних компоновок определяются такие характеристики, как высота здания, шаг колонн, места размещения перекрытий, количество ворот и т.д. Рабочая высота здания (высота от уровня пола до низа инженерных конструкций) определяется габаритами стеллажного оборудования зоны хранения товара. Общая высота стеллажа с товаром в 1,5- и 2-метровых паллетах, как правило, составляет около 12 м. Здания склада выполняются с шагом колонн по поперечным осям 12 м и с шагом колонн в продольном направлении 18 м, 24 и 36 м. По внешним осям шаг колонн может ус-

танавливаться 6 м, с целью применения навесных панелей. Колонны, расставленные с таким шагом, падают между ниток стеллажей и не влияют на работу склада.

Административно-бытовые и офисные помещения удобно размещать на перекрытии над зоной погрузки/разгрузки автотранспорта. Высота перекрытия обычно принимается на отметке 5,5...6 м от уровня пола склада. Оптимальная ширина перекрытия составляет 9...12 м, длина принимается равной длине погрузочно-разгрузочного фронта. При рабочей высоте склада в 12 м возможно устройство 2...3 уровней, на которых размещаются все требуемые помещения. Часто перекрытия (1 или 2 уровня) над зоной приемки/отгрузки используется также для размещения товара с ограниченным доступом или для выполнения дополнительной обработки товара. В этом случае необходимо учесть значительное увеличение нагрузки на перекрытие.

• **Конструктивные решения склада.** Здание склада по конструктивной схеме рекомендуется проектировать каркасным и многопролётным. Основные элементы каркаса принимаются железобетонными, металлическими или смешанными.

Выбор конструктивной схемы влияет на объёмно-планировочное решение здания и определяет тип его основных конструкций. В случае каркасной системы здание склада проектируется многопролётным, с шагом колонн по поперечным осям 12 м и с шагом колонн в продольном направлении 8 м, 24 и 36 м. По внешним осям шаг колонн может устанавливаться 6 м, с целью применения навесных панелей.

Наиболее эффективными несущими конструкциями покрытий являются стальные стропильные и подстропильные фермы. Стропильные фермы применяют для пролетов 18, 24, 30, 36 м и более.

Утепление кровли склада выполняется материалами из минеральной базальтовой ваты повышенной жесткости, пенополистирола или экструдированного пенополистирола (пеноплекса) по профилированному настилу или железобетонным плитам покрытия. Для гидроизоляции применяют полимерные мембраны или наплавляемые модифицированные материалы рулонного типа.

Наружные ограждающие конструкции проектируются самонесущими или навесными. Материалом стен могут служить железобетон в виде стеновых панелей различных конструкций, металл в виде стеновых панелей с эффективным утеплителем типа «сэндвич», природные и искусственные камни.

Основные требования к полу в складских помещениях. Термином «промышленные полы» называются полы, выдерживающие различные виды нагрузок при промышленной эксплуатации:

- статические нагрузки – нагрузки от стационарного технологического оборудования, стеллажей, контейнеров, штабелей материалов и др.;
- динамические нагрузки – возникающие от работы машин и оборудования с динамическими нагрузками (станки, прессы, грузоподъёмный транспорт);
- абразивные нагрузки – от движения грузоподъёмного транспорта (погрузчики, тележки и т.п.);
- ударные воздействия при производственных процессах, ремонте, демонтаже, перемещении и монтаже оборудования, а также случайные падения предметов;
- температурные воздействия – возникающие в результате локальных понижений или повышений температуры (вблизи внешних проёмов здания, высокотемпературных печей, воздействия разогретых жидкостей и предметов при их взаимодействии с полом и др.), а также при эксплуатации низкотемпературных промышленных складов-холодильников;
- химические воздействия – воздействия агрессивных химических веществ (кислот, щелочей, масел и др.).

При устройстве верхнего освещения, сброса избыточного тепла, в случае пожара, для дымоудаления (при необходимости, по расчёту) на кровле здания предусматривают специальные автоматически открывающиеся люки.

Конструкции для заполнения оконных проёмов зданий складов выполняют из пластика или алюминия.

Колонны и обрамления проёмов в складских зданиях в местах интенсивного движения напольного транспорта должны быть защищены от механических повреждений и окрашены в соответствии с ТКП 45-3.02-95.

В проектах склада необходимо предусматривать указания о тщательной заделке отверстий для пропуска трубопроводов (в стенах, перегородках и перекрытиях) и сопряжений ограждающих конструкций помещений (внутренних и наружных стен, перегородок между собой и с полами или перекрытиями).

Ширина пандусов для проезда напольных транспортных средств должна не менее чем на 0,6 м превышать максимальную ширину груженого транспортного средства. Уклон пандусов следует принимать не более 16 % при размещении их в закрытых помещениях и не более 10 % при размещении снаружи зданий.

Отметка края погрузочно-разгрузочной рампы для автомобильного транспорта со стороны подъезда автомобилей должна составлять 1,1...1,2 м. Это является обязательным условием для складов, работающих с крупнотоннажным автомобильным транспортом. Для обслуживания мало- и среднетоннажного транспорта необходимо использовать рампы, компенсирующие высоту платформы обслуживаемого транспорта.

• **Инженерное обеспечение.** Основная цель при проектировании инженерного обеспечения для транспортно-логистических центров – обеспечение максимально полной автономности функционирования объекта при высочайшем уровне безопасности и комфорта. К современным инженерным системам нормативная база относит: отопление с регулируемым температурным режимом, вентиляцию, пожарную сигнализацию и автоматическую систему пожаротушения, охранную сигнализацию и систему видеонаблюдения, учет и контроль доступа сотрудников, наличие оптико-волоконных телекоммуникаций, наличие автономной электроподстанции и котельной.

Однако современная нормативная база не в полной мере отражает возможности значительного сокращения энергопотребления при обогреве и вентилировании больших объёмов здания склада. Поэтому для выбора оптимального решения по вопросу проектирования систем энергообеспечения и безопасности конкретного объекта на стадии проектирования необходимо проводить сравнительный анализ применения различных систем.

Заключение. В результате исследования подходов в проектировании транспортно-логистического центра и входящего в его состав здания склада с целью типизации решений, возможности повторного применения проектных решений, рационализации процесса выбора вариантов разработаны наиболее экономичные варианты объёмно-планировочных и конструктивных решений здания склада ТЛЦ. Эти разработки положены в основу «Рекомендаций по проектированию транспортного логистического центра и по подбору объёмно-планировочных и конструктивных решений здания склада в составе центра» [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Строгалева, В.П. Имитационное моделирование / В.П. Строгалева, И.О. Толкачева. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008. – С. 697–737.
2. Транспортно-логистический центр. Требования к техническому оснащению и транспортно-экспедиционному обслуживанию: СТБ 2046-2010. – Минск: Стройтехнорм, 2010. – 27 с.
3. Складские здания: ТКП-45-3.02-95-2008. – Минск: Стройтехнорм, 2009. – 23 с.
4. Клименко, П.Я. Современные тенденции в архитектурных решениях транспортно-логистических комплексов / П.Я. Клименко // Архитектон: Изв. вузов. – Ростов н/Д, 2012. – № 38. – С. 29–35.
5. Шерешевский, И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений / И.А. Шерешевский. – Л.: Стройиздат, 1979. – 176 с.
6. Здания и сооружения. Отсеки пожарные. Нормы проектирования: ТКП 45-2.02-34-2006. – Минск: Стройтехнорм, 2007. – 63 с.
7. Рекомендации по проектированию транспортно-логистического центра и по подбору объёмно-планировочных и конструктивных решений здания склада в составе центра: Р-1.02.123-2013. – Минск: Стройтехнорм, 2013. – 39 с.

Поступила 06.06.2014

TO THE QUESTION OF CHOICES SPACE-PLANNING AND CONSTRUCTIVE DECISIONS AT DESIGNING TRANSPORT AND LOGISTICS CENTERS

O. KUDELKO, V. BOZYLEV

External (limiting) and internal (target) factors influencing the choice of the space-planning and constructive decisions in the design of the transport and logistics centres (TLC), and warehouses, have been identified. Basic requirements and criteria for the design and construction of TLC have been systematized. On the basis of given criteria for selecting, the optimal layout of the buildings of the storage center, shape and dimensions of a building of the storage using the method of imitation modeling are proposed. At the preliminary stage warehouse technology is accounted. This technology defines its parameters, ways of its construction, space-planning solutions. When determining the cost of construction of the future center, level of category of the centre and the warehouse it is necessary to take into account the possibility of its application in the design of the model or in re-design solutions. This is, in fact, are the parameters of the factors to be used as evaluation criteria. On the basis of the conducted research features and proposed design solutions of TLC, and also a technique of their architectural design have been listed.