

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

И. А. Романов

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Пособие*

*для студентов, обучающихся по специальности  
специального высшего образования  
7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений*

Горки  
Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия  
2026

УДК 626.8(075.8)

ББК 38.778 я73

P69

*Рекомендовано методической комиссией  
мелиоративно-строительного факультета  
23.03.2026 (протокол № 7)  
и Научно-методическим советом  
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии  
25.03.2026 (протокол № 7)*

Автор:

кандидат технических наук *И. А. Романов*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *В. В. Мороз*;  
начальник Горецкой СПМК *Н. Н. Беззубенко*

**Романов, И. А.**

P69 Автоматизация проектирования в строительстве : пособие /  
И. А. Романов. – Горки : Беларус. гос. с.-х. акад., 2026. – 110 с.  
ISBN 978-985-882-801-1.

Рассмотрена критически важная роль автоматизации проектирования для повышения эффективности и качества современного строительства. В пособии изложены основные принципы проектирования зданий: от базовых концепций до создания комплексных информационных моделей объектов.

Для студентов, обучающихся по специальности специального высшего образования 7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений.

УДК 626.8(075.8)

ББК 38.778 я73

**ISBN 978-985-882-801-1**

© Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия, 2026

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире строительная отрасль играет важную роль в развитии инфраструктуры и создании комфортной среды для жизни человека. Традиционные методы проектирования зданий и сооружений нередко являются трудоемкими, фрагментированными и подверженными ошибкам, что приводит к увеличению сроков и стоимости реализации объектов. В связи с этим автоматизация проектных работ становится не просто желательным, а необходимым условием для повышения эффективности, качества и безопасности строительства.

Решение данной проблемы требует глубокого изучения студентами строительных специальностей учебной дисциплины «Автоматизация проектирования в строительстве».

Цель учебной дисциплины – формирование у студентов знаний в области систем автоматизированного проектирования (САПР), современных требований к качеству строительства, а также передовых методов информационного моделирования и создания проектной документации.

Основными задачами учебной дисциплины являются: изучение методов автоматизированного проектирования и их применения для разработки архитектурно-строительных и конструктивных решений; практическое освоение компьютерных программ для расчетов строительных конструкций, анализа инженерных данных и их интеграции в единую цифровую модель объекта.

Данное пособие предназначено для того, чтобы дать прочную базу знаний и практических навыков в области применения современных технологий для проектирования объектов капитального строительства. Рассмотрены основные принципы автоматизации, начиная от базовых концепций двумерного черчения и заканчивая использованием технологий информационного моделирования зданий (BIM). В процессе изучения студенты должны освоить работу с программными комплексами для создания архитектурных моделей, расчета несущих конструкций, а также научиться эффективно использовать инженерные изыскания, цифровые модели и другие источники данных для создания точных и надежных проектов.

# 1. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР)

## 1.1. Основные понятия и определения

Система автоматизированного проектирования (САПР) – это организационно-техническая система, предназначенная для выполнения проектных работ с использованием вычислительной техники. Ключевое слово здесь «автоматизированное». Оно подчеркивает, что система не заменяет инженера полностью, а служит мощным инструментом, усиливающим его интеллектуальные возможности. Основная идея заключается в том, чтобы рутинные, трудоемкие и повторяющиеся операции, такие как выполнение чертежей, расчеты нагрузок, подбор материалов, возложить на компьютер. Это освобождает проектировщика для решения творческих, нестандартных задач, анализа вариантов и принятия ответственных инженерных решений.

Чтобы глубже понять суть САПР, необходимо рассмотреть ее основные компоненты. Любая полноценная система автоматизированного проектирования включает в себя несколько взаимосвязанных частей.

Во-первых, это техническое обеспечение, то есть комплекс аппаратных средств. Сюда входят сами компьютеры, графические станции, средства ввода информации, такие как сканеры и дигитайзеры, а также средства вывода принтеры и плоттеры для получения качественной бумажной документации.

Во-вторых, неотъемлемой частью является программное обеспечение. Это ядро системы, совокупность программ и приложений, которые непосредственно выполняют проектные функции.

В-третьих, важнейшую роль играет информационное обеспечение – базы данных, библиотеки стандартных элементов, нормативные справочники, загруженные в систему. И наконец, нельзя забывать про методическое и организационное обеспечение, которое включает стандарты предприятия, регламенты работы, инструкции для пользователей. Только гармоничное взаимодействие всех этих компонентов делает САПР эффективным рабочим инструментом.

Исторически развитие САПР прошло несколько этапов. Первые системы, появившиеся в середине прошлого века, были крайне примитивны и позволяли в основном просто чертить электронные аналоги чертежей на бумаге. Их часто называли системами компьютерной гра-

фики. Затем, с развитием вычислительной мощности, появилась возможность не только изображать объект, но и создавать его трехмерную модель, а также связывать графическое представление с расчетными модулями. Это стало эпохой геометрического моделирования. Современный этап развития САПР характеризуется концепцией информационного моделирования зданий, или BIM. В этом подходе создается не просто набор чертежей и спецификаций, а единая интеллектуальная трехмерная модель, которая содержит всю информацию об объекте на протяжении всего его жизненного цикла от концепции до сноса. Для строительной отрасли, где все больше внимания уделяется эффективности и технологичности строительства, переход на BIM-технологии становится актуальной задачей.

Современные САПР в строительстве решают несколько задач. Первая и наиболее очевидная задача – это автоматизация выпуска проектной и рабочей документации. Система позволяет быстро и точно выполнять планы, разрезы, фасады, формировать спецификации и ведомости материалов. Любое изменение, внесенное в модель, автоматически отражается на всех связанных чертежах и документах, что исключает ошибки и нестыковки.

Вторая ключевая задача – это проведение инженерных расчетов. Современные САПР тесно интегрированы с системами автоматизированного инженерного анализа, которые позволяют рассчитывать конструкции на прочность, устойчивость, деформативность, выполнять теплотехнические и светотехнические расчеты.

Третья важная задача – это поддержка принятия решений. Система позволяет быстро прорабатывать и визуализировать несколько вариантов проектных решений, сравнивать их по технико-экономическим показателям и выбирать оптимальный. Кроме того, САПР играют важную роль в управлении проектом, обеспечивая согласованность работы разных отделов и специалистов, контролируя сроки и ресурсы.

Отдельно стоит рассмотреть классификацию систем автоматизированного проектирования, чтобы понимать их разнообразие. По уровню решаемых задач их можно разделить на системы нижнего уровня, которые автоматизируют отдельные операции, и системы верхнего уровня, охватывающие комплекс задач всего проекта. По отраслевому признаку существуют САПР для машиностроения, электроники, архитектуры и строительства. Нас, безусловно, интересуют строительные САПР, которые, в свою очередь, делятся на системы для архитектурного проектирования, для расчета и проектирования строительных

конструкций, для проектирования внутренних инженерных систем. По способу организации данных различают системы, работающие с двумерной графикой, и системы трехмерного твердотельного или параметрического моделирования. Сегодня именно трехмерное моделирование является основным трендом.

Внедрение и использование САПР в строительной организации приносит значительный экономический эффект. Во-первых, многократно сокращаются сроки проектирования. Во-вторых, повышается качество проектной продукции за счет снижения количества ошибок и автоматического контроля за соблюдением норм и стандартов. В-третьих, уменьшаются прямые затраты на проектные работы за счет экономии материалов и труда. В-четвертых, появляется возможность более точно определять потребность в ресурсах, что ведет к оптимизации сметной стоимости строительства. Для белорусских строительных компаний, работающих в условиях конкурентного рынка, эти факторы являются критически важными для успеха.

Однако внедрение САПР сопряжено и с определенными сложностями. Это, прежде всего, высокие первоначальные затраты на приобретение лицензионного программного обеспечения и мощного компьютерного оборудования. Это также необходимость обучения персонала, что требует времени и средств. Часто возникает проблема интеграции новой системы в существующие бизнес-процессы компании. Преодоление психологического барьера у опытных проектировщиков, привыкших работать традиционными методами, также является важной задачей. Тем не менее опыт показывает, что инвестиции в автоматизацию проектирования окупаются в среднесрочной перспективе и дают компании стратегическое преимущество.

Понимание основных принципов, возможностей и структуры САПР является обязательным для будущего специалиста.

## **1.2. История развития САПР в строительстве**

Истоки автоматизации проектных работ можно отнести к середине двадцатого века, хотя сама идея использования вычислительных устройств для инженерных расчетов зародилась еще раньше. Первые электронно-вычислительные машины, громоздкие и занимавшие целые залы, использовались в основном для научных и военных задач. Однако инженеры и архитекторы быстро увидели в них потенциал для решения сложных вычислительных задач, таких как статический и

динамический расчет конструкций, что было особенно актуально при проектировании высотных зданий и уникальных сооружений. В 1950-х и начале 1960-х годов это была, по сути, «автоматизация расчетов», а не проектирования в полном смысле. Программы писались на перфокартах, результаты выдавались в виде колонок цифр, которые затем вручную переносились на чертежи. Чертежи же по-прежнему создавались карандашом или тушью на кульманах, и этот процесс оставался крайне трудоемким и подверженным человеческим ошибкам.

Переломным моментом, с которого принято отсчитывать историю собственно САПР, стало появление интерактивной компьютерной графики. В 1963 году аспирант Массачусетского технологического института Айвен Сазерленд защитил диссертацию, представив программу Sketchpad. Это была революционная система, позволявшая с помощью светового пера рисовать геометрические примитивы прямо на экране компьютера, масштабировать их, вращать и сохранять в памяти. Sketchpad доказал принципиальную возможность взаимодействия человека с компьютером в графическом режиме для создания проектов. Однако дороговизна оборудования – сами компьютеры, специальные мониторы с векторной разверткой, световые перья – делали такие системы достоянием лишь крупнейших авиационных и автомобильных корпораций, таких как General Motors и Boeing, которые и стали пионерами в развитии коммерческих САПР.

В строительную отрасль эти технологии пришли с некоторым опозданием, что было связано со спецификой самой отрасли. Если в машиностроении объекты проектирования были более стандартизированы и производились многотысячными тиражами, то в строительстве каждый объект в значительной степени уникален, привязан к конкретному участку земли и требует учета огромного числа внешних факторов. Тем не менее к концу 1960-х – началу 1970-х годов появляются первые специализированные программные комплексы для архитекторов и строителей. Они работали на мэйнфреймах и мини-ЭВМ и были сосредоточены на решении отдельных задач: например, на составлении спецификаций, расчете координат разбивочной сети или проектировании инженерных сетей. Графические возможности этих систем были весьма ограниченными, а интерфейс сложным, требующим знания специальных команд.

Важнейшим этапом стало появление в конце 1970-х – начале 1980-х годов персональных компьютеров, таких как IBM PC. Это демократизировало доступ к вычислительной мощности и открыло дорогу для

разработки более доступных и удобных САПР. Флагманом этой революции стала система AutoCAD, выпущенная компанией Autodesk в 1982 году. Изначально это была двумерная чертежная программа, но ее успех был оглушительным. AutoCAD заменил кульман на цифровой холст, предоставив архитекторам и конструкторам инструменты для быстрого создания и редактирования чертежей, работы со слоями, использования библиотек стандартных элементов. Он стал фактическим отраслевым стандартом для 2D-черчения, и его влияние ощущается до сих пор. В это же время развиваются и другие подходы, например, система RUCAPS (Really Universal Computer-Aided Production System), использовавшая принцип параметрического моделирования и считающаяся одним из предшественников современных BIM-технологий.

Девяностые годы двадцатого века ознаменовались переходом от двумерного черчения к трехмерному моделированию. Просто набор плоских чертежей (планов, фасадов, разрезов) уже не мог удовлетворить растущие требования к сложности проектов, необходимости анализа пространственных коллизий и визуализации. Появляются первые полноценные 3D-САПР для строительства, позволяющие создавать объемные модели зданий. Однако эти модели часто были лишь «глухой» геометрией, набором тел, не несущих в себе информации о материалах, технических характеристиках, стоимости или логике монтажа. Тем не менее трехмерное моделирование позволило перейти к новому уровню координации между разделами проекта, обнаруживая на ранних стадиях, где труба вентиляции пересекается с несущей балкой.

Качественный скачок, определивший современный этап развития, связан с концепцией информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Идея BIM зародилась еще в семидесятые годы, но ее практическая реализация стала возможной лишь с ростом вычислительной мощности и развитием сетевых технологий. BIM – это не только трехмерная модель, это управляемая база данных об объекте, где каждый элемент (стена, окно, воздуховод, светильник) является интеллектуальным объектом, содержащим как геометрию, так и атрибутивную информацию: производитель, модель, стоимость, срок службы, условия эксплуатации, требования по обслуживанию. История САПР в строительстве в 2000-х годах – это история перехода от систем автоматизированного черчения (CAD) к системам информационного моделирования (BIM). Лидерами этого движения стали такие платформы, как Autodesk Revit, ArchiCAD, Bentley Systems, которые изначально создавались с учетом парадигмы BIM.

Развитие BIM-технологий привело к радикальному изменению не только инструментов, но и процессов. Проектирование перестало быть линейной последовательностью этапов, выполняемых разными специалистами изолированно. Оно стало параллельным и коллективным процессом, когда архитекторы, конструкторы, технологи, инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию, электрике и водоснабжению работают в единой информационной среде на общей модели. Это позволяет минимизировать ошибки и противоречия, оптимизировать решения на самых ранних стадиях, что в итоге экономит значительные средства на стадии строительства и эксплуатации. Более того, BIM-модель становится основой для управления объектом на всем его жизненном цикле – от концепции до сноса или реконструкции.

В контексте Республики Беларусь внедрение САПР, а теперь и BIM, имеет свою специфику и историю. В советский период в проектных институтах БССР также велись работы по автоматизации, использовались отечественные ЭВМ и программные комплексы, такие как «Промінь», «Квант» и другие, часто адаптированные под строительные задачи. На современном этапе в Беларусь пришли международные САПР, в первую очередь AutoCAD, который стал основным инструментом для поколения проектировщиков 1990-х и 2000-х годов. Сегодня перед белорусской строительной отраслью стоит стратегическая задача широкого внедрения BIM-технологий. Это продиктовано как общемировыми тенденциями, так и необходимостью повышения конкурентоспособности, снижения издержек и повышения качества возводимых объектов. Разрабатываются соответствующие нормативные документы и стандарты, ведутся работы по подготовке кадров, способных работать в новой цифровой парадигме.

Взгляд в будущее показывает, что развитие САПР в строительстве продолжает ускоряться. На горизонте просматриваются такие тенденции, как интеграция с облачными технологиями, что позволит работать с моделями из любой точки мира и на любом устройстве; использование искусственного интеллекта для генерации и оптимизации проектных решений; применение больших данных для анализа эксплуатационных характеристик зданий и создания более эффективных проектов; тесная связь с технологиями «умного города» и интернета вещей.

### **1.3. Требования к составу САПР**

Требования к составу САПР зависят от целевого использования и можно проводить по множеству различных признаков, отражающих

назначение, сложность, архитектуру и другие аспекты системы. Мы выделяем общефункциональные, или базовые, САПР и специализированные, или отраслевые, системы.

Общефункциональные системы предоставляют широкий набор инструментов для двумерного черчения и трехмерного моделирования общего назначения. Они являются универсальным инструментом, который можно адаптировать под разные задачи. Примерами таких систем являются AutoCAD, BricsCAD, nanoCAD и другие. Специализированные же САПР создаются для нужд конкретной отрасли, например, строительства, машиностроения или электроники. Они изначально содержат библиотеки стандартных элементов, шаблоны, расчетные модули и методики, специфичные для данной сферы. Для нас, как для строителей, наиболее актуальны именно специализированные САПР, такие как Revit, ArchiCAD, Allplan, Renga или отечественный комплекс ЛИРА-САПР. Эти системы «заточены» под архитектурно-строительное проектирование и поддерживают концепцию информационного моделирования зданий (BIM).

Другой важный критерий классификации – это уровень интеллектуализации системы. По данному признаку традиционно разделяют системы нижнего, среднего и высокого уровня. Системы нижнего уровня, часто называемые системами компьютерного черчения или CAD-системами, в основном автоматизируют процесс создания и редактирования чертежей. Они эффективно заменяют кульман, но их аналитические возможности ограничены. Системы среднего уровня уже обладают развитыми средствами параметрического трехмерного моделирования, что позволяет создавать ассоциативные модели, где изменение одного параметра влечет автоматическое обновление всей связанной геометрии и документации. Системы высокого уровня, к которым относятся современные BIM-платформы, интегрируют в себе не только геометрическое моделирование, но и огромные объемы неграфической информации: данные о материалах, стоимости, сроках изготовления, эксплуатационных характеристиках. Такие системы становятся центральным информационным ядром всего жизненного цикла объекта – от концепции до сноса.

Также САПР можно классифицировать по архитектуре построения. Здесь выделяют локальные, или персональные, системы и распределенные, или сетевые. Локальная САПР функционирует на одном рабочем месте и предназначена для индивидуальной работы проектировщика. Все данные и вычислительные ресурсы сосредоточены на одном

компьютере. Распределенная САПР – это комплекс программных и аппаратных средств, объединенных в сеть, что позволяет организовать коллективную работу над одним проектом. В такой системе разные специалисты или отделы (архитекторы, конструкторы, сметчики) могут одновременно работать со своей частью общей модели, а система обеспечивает управление версиями, контроль конфликтов и целостность данных. Для крупных строительных проектов использование распределенных САПР, особенно в облачных средах, становится стандартом де-факто.

Теперь обратимся к составу, или структуре, типичной системы автоматизированного проектирования. Независимо от ее типа и назначения, можно выделить несколько ключевых подсистем, которые в совокупности и обеспечивают ее функционирование. Во-первых, это подсистема проектирования или геометрического моделирования. Она является ядром любой САПР и отвечает за создание и манипулирование математическими и графическими моделями объектов. В ее состав входят средства для построения двумерных примитивов (линий, дуг, штриховок) и сложных трехмерных тел (твердотельных, поверхностных или каркасных моделей). Во-вторых, это подсистема инженерных расчетов и анализа. Она тесно связана с моделью и позволяет проводить разнообразные расчеты: прочностные, тепловые, акустические, расчеты устойчивости, сметные расчеты. Эта подсистема часто реализуется в виде отдельных модулей или интегрируется со сторонними расчетными комплексами, такими как SCAD, ЛИРА или Robot Structural Analysis.

Третьим важнейшим компонентом является подсистема управления проектными данными. Ее задача – организовать хранение, поиск, версионирование и защиту всей информации, создаваемой в процессе проектирования. Это включает в себя управление файлами чертежей, моделей, библиотеками стандартных элементов, спецификациями и отчетными документами. В современных системах эта подсистема часто реализуется через технологии баз данных или специализированные PLM-системы (Product Lifecycle Management).

Четвертый элемент – это подсистема вывода и документирования. Она отвечает за генерацию конечной проектной документации в соответствии с требованиями стандартов. Сюда входят средства компоновки листов, оформления штампов, автоматического получения разрезов и видов из трехмерной модели, создания спецификаций и ведомостей материалов. Качество и гибкость этой подсистемы напрямую влияют на трудоемкость выпуска рабочей документации.

Пятым структурным блоком можно считать подсистему взаимодействия с пользователем, или интерфейс. Это все то, с чем непосредственно работает инженер: графический экран, панели инструментов, командная строка, система контекстных меню и подсказок. Удобный и интуитивно понятный интерфейс значительно повышает производительность труда. Наконец, шестой, но не менее важной, является подсистема интеграции и обмена данными. В современном проектировании редко когда используется одна единственная программа. Разные этапы работы могут выполняться в разных программных средах. Поэтому способность САПР импортировать и экспортировать данные в общепринятых форматах (таких как DWG, DXF, IFC, PDF) является критически важной. Особенно это касается открытого формата IFC, который служит основой для междисциплинарного обмена информацией в рамках BIM-методологии.

Грамотный выбор САПР для конкретной проектной организации или задачи всегда является компромиссом.

Необходимо учитывать целый спектр факторов: тип и сложность типовых проектов, требования заказчиков, уровень подготовки персонала, бюджет на закупку и внедрение, необходимость интеграции со смежными программными продуктами и нормативную базу, действующую в Республике Беларусь.

#### **1.4. Роль САПР в современном строительстве**

Исторически проектирование в строительстве было полностью ручным, кропотливым процессом. Архитекторы и инженеры работали за кульманами, создавая чертежи карандашами, рейсшинами и лекалами. Каждое изменение в проекте требовало перечерчивания целых листов, что было чрезвычайно трудоемко и вело к неизбежным человеческим ошибкам. Согласование различных разделов проекта архитектурного, конструктивного, инженерного также было сложной задачей, поскольку выявление коллизий, то есть противоречий между разными сетями и элементами, происходило часто уже на стройплощадке, приводя к простоям и перерасходу средств. Появление первых САПР в мире, а затем и в Беларуси, стало настоящей революцией, сравнимой с переходом от счетов к компьютерам.

Что же такое САПР в строительстве сегодня? Это не только программа для черчения, заменяющая карандаш. Это целый комплекс программно-аппаратных средств, методов и людей, предназначенный

для создания, анализа, оптимизации и управления всей информацией о строительном объекте на всех этапах его жизненного цикла. Современная САПР – это среда, где рождается и существует цифровая информационная модель здания или сооружения. Эта модель содержит в себе не только геометрию, но и данные о материалах, свойствах, стоимости, сроках изготовления и даже последующей эксплуатации. Таким образом, роль САПР вышла далеко за рамки просто «электронного кульмана».

В строительной отрасли Беларуси роль САПР многогранна и с каждым годом становится все более значимой. Во-первых, это инструмент кардинального повышения производительности труда проектировщиков. Рутинные операции автоматизируются, библиотеки стандартных элементов и узлов позволяют быстро компоновать сложные системы, а средства параметрического моделирования дают возможность, изменив один основной параметр, автоматически пересчитать всю связанную геометрию. Это особенно важно в условиях часто меняющихся требований заказчика или нормативной базы. Для белорусских проектных институтов и бюро, которые работают в условиях жесткой конкуренции и требований к срокам, это прямое преимущество, позволяющее брать больше проектов и выполнять их качественнее.

САПР является ключевым инструментом обеспечения качества и точности проектной документации. Системы позволяют вести проектирование с высокой точностью, минимизируя геометрические ошибки. Встроенные средства проверки на коллизии, когда программа автоматически находит места пересечения вентиляционного канала с несущей балкой или трубы с электрокабелем, экономят огромные ресурсы. Раньше такие ошибки, не выявленные на стадии проекта, оборачивались миллионными убытками на стройке. Для Беларуси, с ее традиционно сильной школой проектирования, внедрение САПР стало способом сохранить и приумножить эту репутацию, выводя качество документации на международный уровень, что критически важно для участия в совместных проектах с иностранными партнерами.

САПР играет центральную роль в реализации принципов информационного моделирования зданий, или BIM-технологий, которые активно внедряются в стране.

BIM – это логическое развитие идеи САПР, переход от набора плоских чертежей к единой интеллектуальной трехмерной модели. Правительством Беларуси утверждена концепция и план внедрения

BIM, что делает знание соответствующих САПР-систем, таких как Revit, ArchiCAD, Tekla Structures, не просто желательным, а обязательным для современного инженера-строителя. BIM на базе САПР позволяет координировать действия всех участников процесса: архитекторов, конструкторов, сантехников, энергетиков, сметчиков в едином цифровом пространстве. Это сокращает сроки согласований, улучшает взаимопонимание между специалистами и заказчиком, который может «прогуляться» по виртуальной модели будущего объекта еще до начала земляных работ.

Отдельно стоит отметить роль САПР в оптимизации материальных ресурсов и стоимости строительства. Современные системы тесно интегрированы с расчетными модулями и базами данных. Конструктор, моделируя каркас здания, может сразу получить информацию об объеме бетона и массе арматуры. Это позволяет проводить варианты проектирования, ища наиболее экономичное и надежное решение. В условиях импортозамещения и необходимости рационального использования ресурсов, что является актуальной государственной задачей в Беларуси, эта функция САПР приобретает стратегическое значение. Проектировщик может оперативно оценить, как замена одного материала на другой, доступный на внутреннем рынке, повлияет на прочность, вес и конечную стоимость объекта.

Наконец, САПР становится связующим звеном между проектированием, строительством и эксплуатацией. Данные из модели могут напрямую передаваться на системы автоматизированного изготовления конструкций, например, на станки с ЧПУ для резки арматуры или производства деревянных ферм. Это основа для развития prefabrication, то есть заводского изготовления элементов с последующей быстрой сборкой на площадке, что повышает качество и снижает сроки строительства. Кроме того, итоговая цифровая модель, созданная в САПР, передается заказчику и становится основой для системы управления эксплуатацией здания, планирования ремонтов и модернизаций на весь срок его службы.

Таким образом, роль САПР в современном строительстве Беларуси невозможно переоценить. Это уже не вспомогательный инструмент, а центральная нервная система всего инвестиционно-строительного процесса. Она трансформирует профессию инженера-строителя, делая его не просто чертежником, а аналитиком, менеджером данных и ключевым участником междисциплинарной команды. Освоение современных САПР-технологий становится обязательным условием професси-

ональной компетентности, конкурентоспособности на рынке труда и успешного выполнения задач по модернизации жилищно-коммунального хозяйства, промышленности и социальной сферы нашей страны. От того, насколько эффективно строительный комплекс Беларуси будет использовать возможности автоматизированного проектирования, напрямую зависят темпы, качество и экономическая эффективность всего строительного производства.

## **2. ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### **2.1. Классификация программ для проектирования**

Мир программного обеспечения для автоматизированного проектирования огромен и постоянно расширяется. Чтобы лучше ориентироваться в этом многообразии, программы для проектирования принято классифицировать по различным признакам. Понимание этой классификации поможет выбрать наиболее подходящий инструмент для конкретной задачи и отрасли.

#### **1. По типу решаемых задач (функциональное назначение):**

**CAD (Computer-Aided Design) / САПР (Системы Автоматизированного Проектирования):** это базовые программы, основная функция которых – создание 2D-чертежей и 3D-моделей. Они являются фундаментом для большинства инженерных и дизайнерских работ.

Примеры: AutoCAD, Компас-3D, BricsCAD.

**CAM (Computer-Aided Manufacturing) / АСТПП (Автоматизированные Системы Технологической Подготовки Производства) –** программы, которые берут 3D-модели из CAD и генерируют управляющие программы для станков с числовым программным управлением (ЧПУ), роботов, 3D-принтеров и другого производственного оборудования. Они автоматизируют процесс производства.

Примеры: Mastercam, NX CAM, PowerMill.

**CAE (Computer-Aided Engineering) / CAE (Системы Автоматизированного Инженерного Анализа)** используются для анализа и симуляции поведения спроектированных объектов под воздействием различных нагрузок и условий. Это позволяет предсказывать, как изделие будет вести себя в реальном мире, оптимизировать его конструкцию и избегать ошибок.

Примеры: ANSYS, Abaqus, SolidWorks Simulation, встроенные модули анализа в Компас-3D или Autodesk Inventor.

Подвиды CAE:

FEM (Finite Element Method) / МКЭ (Метод Конечных Элементов): для анализа прочности, жесткости, вибраций, теплопередачи.

CFD (Computational Fluid Dynamics): для моделирования потоков жидкостей и газов (аэродинамика, гидродинамика).

CAPP (Computer-Aided Process Planning) / АСТП (Автоматизированные Системы Технологического Проектирования) помогают автоматизировать разработку технологических процессов изготовления изделий, определяя последовательность операций, необходимое оборудование и инструменты.

Примеры: Techcard, ADAPTCAPP.

PDM (Product Data Management) / СУИД (Системы Управления Инженерными Данными) управляют всей информацией, связанной с продуктом, от проектных данных (моделей, чертежей) до спецификаций, отчетов и изменений. Они обеспечивают версионирование, контроль доступа и совместную работу.

Примеры: Autodesk Vault, Teamcenter (Siemens PLM Software).

PLM (Product Lifecycle Management) / СУЖЦП (Системы Управления Жизненным Циклом Продукта) – самые комплексные системы, которые охватывают и интегрируют все аспекты жизненного цикла продукта – от концепции и проектирования до производства, эксплуатации, сервиса и утилизации. PLM объединяет в себе функционал CAD, CAM, CAE, PDM и других систем.

Примеры: Siemens Teamcenter, Dassault Systèmes ENOVIA.

BIM (Building Information Modeling) / ТИМ (Технология Информационного Моделирования) – специализированные программы для строительной отрасли, которые создают интеллектуальную 3D-модель здания или сооружения, содержащую не только геометрическую, но и всю информацию о его элементах, свойствах, стоимости, сроках и т. д.

Примеры: Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Renga.

GIS (Geographic Information Systems) / ГИС (Геоинформационные Системы) предназначены для сбора, хранения, анализа, управления и визуализации пространственных (географических) данных. Критически важны для мелиорации, градостроительства, экологии.

Примеры: ArcGIS, QGIS.

EDA (Electronic Design Automation) / САПР электроники: для проектирования электронных схем, печатных плат (ПП), интегральных микросхем (ИМС).

Примеры: Altium Designer, Cadence Allegro, OrCAD.

## **2. По предметной области применения (отраслевая специализация):**

Машиностроительные САПР: для проектирования механических изделий, деталей, сборочных единиц. Часто включают модули для твердотельного моделирования, анализа кинематики, прочностных расчетов.

Примеры: SolidWorks, Autodesk Inventor, CATIA, Credo (бывший Pro/ENGINEER), Компас-3D (для машиностроения).

Архитектурно-строительные САПР (АЕС): для проектирования зданий, сооружений, объектов инфраструктуры. Акцент на архитектурные элементы, конструкции, инженерные системы, генеральные планы, визуализацию.

Примеры: Autodesk Revit, ArchiCAD, Tekla Structures, AutoCAD Architecture, Renga.

Мелиоративные и гидротехнические САПР: для проектирования мелиоративных систем, водохранилищ, дамб, каналов. Часто включают ГИС-функционал и специализированные гидрологические/гидравлические расчетные модули.

Примеры: ArcGIS (для ГИС-части), HEC-RAS (для гидравлических расчетов), специализированные надстройки для AutoCAD Civil 3D.

САПР для промышленного и концептуального дизайна: ориентированы на создание сложных органических форм, поверхностное моделирование, рендеринг, эргономику.

Примеры: Autodesk Alias, Rhinoceros.

САПР для производства мебели, одежды, обуви: специализированные программы, учитывающие специфику материалов и раскрой.

## **3. По способу работы с геометрией (типу моделирования):**

Двумерные (2D) системы: ориентированы на создание и редактирование плоских чертежей, схем.

Примеры: AutoCAD (в 2D-режиме), NanoCAD.

Трехмерные (3D) системы позволяют создавать объемные модели.

Каркасное моделирование (Wireframe): объект представлен линиями и кривыми, образующими его каркас. Простое, но не передает объем.

Поверхностное моделирование (Surface): объект описывается набором поверхностей. Подходит для сложных органических форм, но не имеет внутреннего объема.

Твердотельное моделирование (Solid): создаются полноценные объемные модели с внутренним объемом. Позволяет выполнять булевы операции (объединение, вычитание) и определять массово-инерционные характеристики.

Параметрическое моделирование (Parametric): моделирование, основанное на задании размеров и геометрических зависимостей, которые управляют формой и размерами объекта. При изменении параметров модель автоматически перестраивается. Большая часть современных 3D-САПР использует этот подход.

Прямое (Direct) или свободное моделирование позволяет непосредственно манипулировать геометрией модели без жесткой привязки к истории построения или параметрам. Удобно для быстрых изменений или работы с импортированными моделями.

#### **4. По типу лицензирования и распространения:**

Коммерческие (проприетарные): требуют покупки лицензии. Большинство профессиональных и мощных систем.

Примеры: Продукты Autodesk, Dassault Systèmes, Siemens PLM Software.

Бесплатные (Free) / с открытым исходным кодом (Open Source): доступны бесплатно, часто с возможностью модификации исходного кода. Могут быть полезны для обучения, малого бизнеса или узкоспециализированных задач.

Примеры: FreeCAD, QGIS, Blender (для 3D-моделирования и анимации).

#### **5. По платформе и доступу:**


Десктопные: устанавливаются и работают на локальном компьютере.

Облачные (Cloud-based): работают через интернет-браузер, данные хранятся на удаленных серверах. Обеспечивают легкий доступ и коллаборацию.

Мобильные: приложения для планшетов и смартфонов, обычно с ограниченным функционалом.

Эта классификация позволяет системно подойти к выбору и изучению программного обеспечения, понимая, какие задачи оно предназначено решать и какие особенности имеет.

## **2.2. Преимущества и недостатки современных САПР**

AutoCAD  AutoCAD – одна из самых известных и широко используемых систем автоматизированного проектирования (САПР) в мире, разработанная компанией Autodesk. С момента своего первого выпуска в 1982 г. AutoCAD стал фактически стандартом для 2D-черчения во многих отраслях, а также предлагает значительные возможности для 3D-моделирования.

Ранние годы (1980-е): AutoCAD был одним из первых САПР, который стал доступен для персональных компьютеров, что резко демократизировало доступ к технологиям автоматизированного проектирования. Изначально это была чисто 2D-система, заменившая кульманы и ускорившая процесс ручного черчения.

1990-е и 2000-е: с развитием компьютерной графики, AutoCAD постепенно расширял свои возможности в 3D-моделировании (каркасное, поверхностное, а затем и твердотельное). Появились специализированные версии (Verticals) для разных отраслей (AutoCAD Architecture, AutoCAD Mechanical, AutoCAD Civil 3D), которые предлагали инструменты, адаптированные под конкретные нужды.

Современность: сегодня AutoCAD продолжает развиваться, интегрируя облачные технологии, улучшая производительность и совместимость с другими продуктами Autodesk. Несмотря на появление более сложных BIM-систем, AutoCAD сохраняет свою популярность благодаря простоте освоения для 2D-задач и широкой базе пользователей.

#### **Основные возможности и функции.**

AutoCAD предлагает широкий спектр функций для создания и редактирования графических данных:

*2D-черчение* – это основная и наиболее сильная сторона AutoCAD.

Геометрические примитивы: создание линий, полилиний, дуг, окружностей, прямоугольников, эллипсов, штриховок.

Редактирование объектов: перемещение, копирование, поворот, масштабирование, обрезка, удлинение, массив, зеркальное отражение.

Размеры и аннотации: широкий набор инструментов для нанесения линейных, угловых, радиусных, диаметральных размеров, а также текстовых надписей, выносок, таблиц.

Слои (Layers): мощный инструмент для организации графических объектов. Позволяет управлять видимостью, цветом, типом линий для различных категорий элементов проекта.

Блоки (Blocks): возможность создавать и многократно использовать повторяющиеся элементы (например, двери, окна, крепеж) как единое целое. Изменение определения блока автоматически обновляет все его вхождения.

Внешние ссылки (Xrefs): позволяют подключать другие DWG-файлы к текущему чертежу без их физического копирования. Это удобно для совместной работы и управления большими проектами.

Пространство модели и пространство листа (Model Space & Paper Space/Layout): позволяют работать над проектом в натуральную величину (Model Space) и оформлять чертежи на листах заданного формата с различными масштабами и видами (Paper Space) (рис. 2.1).

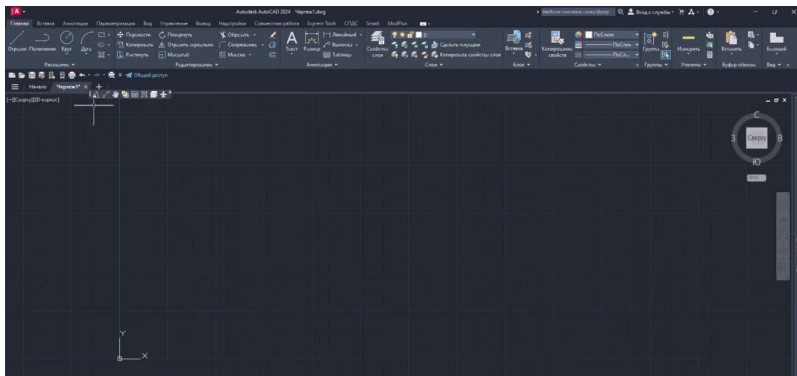


Рис. 2.1. Интерфейс AutoCAD (версия 2024)

### *3D-моделирование.*

Каркасное и поверхностное моделирование: создание 3D-объектов из линий и поверхностей.

Твердотельное моделирование: создание объемных тел с помощью выдавливания, вращения, лофтинга, а также булевых операций (объединение, вычитание, пересечение).

Визуализация: простые возможности для создания визуализаций, назначения материалов, настройки освещения.

Настройка и автоматизация.

Командная строка: позволяет вводить команды текстом, что ускоряет работу для опытных пользователей.

Программирование: поддержка языков программирования (AutoLISP, VBA, .NET API) для автоматизации рутинных задач и создания пользовательских функций.

Настраиваемый интерфейс: возможность адаптировать панели инструментов, ленту и горячие клавиши под свои нужды.

*Форматы файлов и совместимость.*

DWG (Drawing): основной и нативный формат файлов AutoCAD. Он является де-факто стандартом для 2D-черчения и широко поддерживается другими САПР-системами.

**DXF (Drawing Exchange Format):** открытый формат для обмена графическими данными между различными программами.

**DWT (Drawing Template):** формат шаблонов чертежей, содержащих настройки слоев, стилей размеров, блоков и других параметров.

**PDF:** возможность экспорта чертежей в формат PDF для удобного просмотра и печати.

**DGN (MicroStation):** поддержка импорта/экспорта в формат DGN, используемый в MicroStation.

*Области применения.*

AutoCAD широко применяется в следующих отраслях:

**Машиностроение:** проектирование деталей, сборочных единиц, схем.

**Архитектура и строительство:** создание планов этажей, фасадов, разрезов, инженерных схем. Несмотря на развитие BIM, AutoCAD по-прежнему используется для детального черчения и оформления рабочей документации.

**Инженерные сети:** проектирование систем отопления, вентиляции, водоснабжения, канализации, электрики.

**Землеустройство и картография:** создание схем земельных участков, генеральных планов.

**Промышленный дизайн:** разработка концепций, чертежей изделий.

**Мелиорация и гидротехника:** разработка схем каналов, гидротехнических сооружений, земельных участков.

*Преимущества и недостатки.*

**Преимущества:**

**Широкая распространенность и универсальность:** де-факто стандарт в 2D-черчении, что облегчает обмен данными.

**Гибкость и настраиваемость:** множество инструментов для адаптации под конкретные задачи.

**Обширная база пользователей и ресурсов:** легко найти обучающие материалы, специалистов, библиотеки блоков.

**Хорошие возможности для 2D-черчения и оформления документации.**

**Недостатки:**


**Не является полноценной BIM-системой:** в отличие от Revit или ArchiCAD, AutoCAD не создает интеллектуальную информационную модель здания.

**Менее эффективен для сложных 3D-моделей:** хотя 3D-возможности есть, для параметрического твердотельного моделирования и сборок более подходят специализированные машиностроительные САПР (SolidWorks, Inventor).

Высокая стоимость лицензии: является коммерческим продуктом с высокой ценой.

Требования к ресурсам: для больших и сложных чертежей может требоваться производительный компьютер.

Несмотря на активное развитие BIM-технологий и специализированных 3D-САПР, AutoCAD остается важным инструментом в арсенале инженера и проектировщика благодаря своей универсальности и глубокой интеграции в рабочие процессы многих компаний.

Компас-3D  КОМПАС-3D – это российская система автоматизированного проектирования (САПР), разработанная компанией АСКОН. Она представляет собой мощный инструмент для 3D-моделирования, 2D-черчения и оформления конструкторской и проектной документации. Компас-3D активно развивается и широко используется в России и странах СНГ, особенно в машиностроении и приборостроении.

*Особенности и философия Компас-3D.*

Философия Компас-3D заключается в создании эффективного и удобного инструмента для инженеров, учитывающего специфику российского и постсоветского нормоконтроля (ГОСТ, ЕСКД, СПДС).

Параметрическое 3D-моделирование: компас-3D базируется на параметрическом подходе, что позволяет создавать гибкие и легко модифицируемые 3D-модели деталей и сборок.

Интеграция 2D и 3D: одной из ключевых особенностей является тесная связь между 3D-моделью и 2D-чертежами. Чертежи, спецификации и другие документы автоматически обновляются при изменении 3D-модели, обеспечивая ассоциативность.

Поддержка стандартов: компас-3D имеет встроенную и глубокую поддержку стандартов ЕСКД (Единая система конструкторской документации) и СПДС (Система проектной документации для строительства), что упрощает создание документации, соответствующей российским требованиям.

Модульная архитектура: система состоит из базового модуля и множества специализированных приложений (модулей), которые расширяют функционал для конкретных задач (например, трубопроводы, металлоконструкции, анализ прочности) (рис. 2.2).

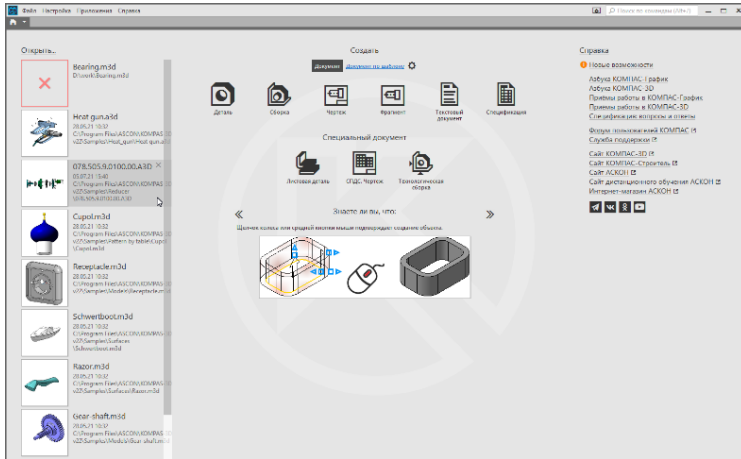


Рис. 2.2. Стартовая страница Компас-3D (версия 18)

### *Основные возможности и функции.*

#### **3D-моделирование:**

**Твердотельное моделирование:** создание сложных объемных тел с помощью базовых операций (выдавливание, вращение, по сечениям), булевых операций (объединение, вычитание, пересечение), а также специализированных функций (скругления, фаски, оболочки, ребра жесткости).

**Поверхностное моделирование:** инструменты для создания и редактирования сложных криволинейных поверхностей, используемых в промышленном дизайне.

**Сборочные единицы:** сборка отдельных 3D-моделей деталей в сложные узлы и механизмы с заданием кинематических связей. Позволяет проверять собираемость и работоспособность механизма.

**Библиотеки стандартных элементов:** встроенные библиотеки ГОС-Товских элементов (крепеж, подшипники, профили), которые можно параметрически вставлять в модель.

#### **2D-черчение и оформление документации.**

**Автоматическое получение чертежей:** генерация ассоциативных видов (проекции, разрезов, сечений) из 3D-модели. Все изменения в 3D-модели автоматически отражаются на чертежах.

**Инструменты черчения:** полный набор примитивов и команд редактирования, аналогичный AutoCAD.

Размеры, допуски, обозначения: расширенные возможности по нанесению размеров, допусков формы и расположения, шероховатости, технических требований в соответствии с ЕСКД.

Спецификации: автоматическое формирование спецификаций из 3D-модели сборки.

Библиотеки СПДС: для строительного проектирования доступны библиотеки элементов и инструментов, соответствующих требованиям СПДС (условные обозначения, выноски, таблицы).

Приложения (модули):

Компас-График: базовый модуль для 2D-черчения.

Компас-3D: Металлоконструкции: для проектирования сварных и болтовых металлоконструкций.

Компас-3D: трубопроводы: для проектирования систем трубопроводов.

Компас-3D: валы и механические передачи: для расчета и проектирования элементов машиностроения.

APM FEM: встроенный модуль для прочностных расчетов методом конечных элементов.

Интерфейсы обмена данными: поддержка форматов DWG/DXF, STEP, IGES, Parasolid для взаимодействия с другими САПР.

*Области применения.*

Компас-3D наиболее активно используется в следующих отраслях:

Машиностроение: проектирование сложного оборудования, станков, приборов, транспортных средств.

Приборостроение: разработка корпусов, механизмов, сборок электронных устройств.

Авиастроение: проектирование деталей и узлов самолетов.

Строительство: используется для проектирования металлоконструкций, инженерных сетей, иногда для 2D-оформления архитектурных разделов.

Образование: широко применяется в технических вузах и колледжах для обучения инженеров.

*Преимущества и недостатки.*

Преимущества:

Глубокая поддержка российских стандартов (ГОСТ, ЕСКД, СПДС) – это его сильная сторона, облегчающая выпуск документации.

Относительная простота освоения: интерфейс интуитивно понятен, особенно для пользователей, знакомых с AutoCAD.

Хорошая ассоциативность 3D-модели и 2D-чертежей.

Модульная архитектура: позволяет расширять функционал по мере необходимости.

Наличие бесплатных учебных версий: доступны для студентов и преподавателей.

Активная техническая поддержка и сообщество в России.

Недостатки:

Меньшая распространенность на мировом рынке: по сравнению с глобальными лидерами, такими как SolidWorks или CATIA.

Слабее в BIM-функционале: хотя есть возможности для строительного проектирования, это не полноценная BIM-система типа Revit.

Менее развитые CAE-возможности: для серьезных инженерных расчетов часто требуется интеграция со специализированными CAE-пакетами.

Компас-3D является надежным и функциональным инструментом для автоматизированного проектирования, особенно ценным для компаний, ориентированных на российские стандарты и нормы. Его развитие и постоянное совершенствование делают его значимым игроком на рынке САПР.



Revit – это программный комплекс для информационного моделирования зданий (BIM), разработанный компанией Autodesk. В отличие от традиционных САД-систем (как AutoCAD), которые оперируют графическими примитивами (линиями, дугами), Revit создает интеллектуальную параметрическую модель, где каждый элемент (стена, дверь, окно, балка, труба) является объектом с определенными свойствами и взаимосвязями. Revit является одним из мировых лидеров в сфере BIM для архитектурно-строительной отрасли.

*Философия и принципы работы Revit (BIM).*

Главное отличие Revit – это его полная ориентация на принципы информационного моделирования зданий (BIM).

Единая информационная модель: весь проект здания (архитектура, несущие конструкции, инженерные системы, генплан) хранится в одной централизованной базе данных. Изменение в одном месте автоматически отражается во всех связанных видах, чертежах, спецификациях и ведомостях (рис. 2.3).



Работа с генпланом и благоустройством.

Конструктивное проектирование:

Моделирование несущих конструкций: колонн, балок, ферм, фундаментов, армирования.

Автоматическая генерация схем армирования и чертежей КЖ, КМ.

Взаимодействие с расчетными комплексами (например, Robot Structural Analysis Professional, SCAD Office) для проведения прочностных расчетов.

Проектирование инженерных систем (Revit MEP):

ОВК (Отопление, Вентиляция, Кондиционирование): Моделирование воздуховодов, трубопроводов, оборудования, расчеты расхода воздуха и гидравлики.

ВиК (Водоснабжение и Канализация): проектирование систем водопровода, канализации, дренажа.

ЭОМ (Электроснабжение, Освещение, Маломощные системы): Размещение электрооборудования, трассировка кабельных лотков, осветительных приборов, расчеты нагрузок.

Обнаружение коллизий: автоматический поиск пересечений и конфликтов между элементами различных инженерных систем, а также между инженерией и конструкциями/архитектурой.

Координация и коллаборация:

Совместная работа (Worksharing): несколько специалистов могут одновременно работать над одним файлом проекта, каждый в своей рабочей области, с последующей синхронизацией.

Обнаружение коллизий (Clash Detection): встроенные инструменты для выявления пересечений элементов, что позволяет устранить проблемы на стадии проектирования.

Экспорт/импорт: поддержка различных форматов для обмена данными с другими программами (DWG, DXF, IFC, Navisworks). IFC (Industry Foundation Classes) является ключевым открытым форматом для обмена BIM-моделями между различными программными продуктами.

Анализ и визуализация:

Энергетический анализ: интеграция с облачными сервисами для анализа энергоэффективности здания.

Инсоляционный анализ: расчеты естественного освещения.

Количественные ведомости и спецификации: автоматическое генерирование спецификаций материалов, оборудования, окон, дверей и т. д. из модели.

Визуализация: создание фотореалистичных рендеров и анимаций модели.

*Форматы файлов.*

RVT (Revit Project): нативный формат файлов проекта Revit.

RFA (Revit Family): формат файлов для параметрических компонентов (семейств), которые используются в проектах.

RTE (Revit Template): формат файлов шаблонов проектов.

IFC (Industry Foundation Classes): открытый, нейтральный формат для обмена BIM-данными между различными платформами.

DWG/DXF: возможность импорта и экспорта в форматы AutoCAD.

*Области применения.*

Revit является стандартом в современном проектировании зданий и сооружений и используется:

В архитектурных бюро для создания концепций, архитектурных решений, фасадов.

В конструкторских отделах для расчета и моделирования несущих конструкций.

В инженерных компаниях для проектирования систем ОВК, ВК, электрики.

В строительных компаниях для планирования строительства (4D BIM), контроля стоимости (5D BIM) и координации работ.

В девелоперских компаниях для анализа инвестиций и демонстрации проектов.

Для задач эксплуатации зданий (6D BIM).

*Преимущества и недостатки.*

Преимущества:

Полноценная BIM-система: создает интеллектуальную информационную модель, а не просто 3D-графику.

Высокая степень автоматизации: автоматическое обновление чертежей, спецификаций при изменении модели.

Обнаружение коллизий на ранних стадиях: значительно сокращает ошибки и переделки на стройке.

Улучшенная координация и коллаборация: обеспечивает эффективную совместную работу.

Широкий функционал для всех разделов проекта: архитектура, конструкции, инженерия.

Сокращение сроков и стоимости проектов.

Недостатки:

Высокие системные требования: для работы с большими моделями требуется мощный компьютер.


Сложность освоения: требует значительного времени и усилий для полного освоения всех возможностей.

Высокая стоимость лицензии.

Жесткая структура семейств: иногда создание сложных, нестандартных параметрических семейств может быть трудоемким.

Не лучший выбор для линейных объектов инфраструктуры: для дорог, мостов, каналов более подходят специализированные системы (например, Civil 3D, хотя и они интегрируются с Revit).

Revit продолжает оставаться ключевым инструментом для реализации BIM-проектов по всему миру, меняя подход к проектированию и строительству, делая его более эффективным, интегрированным и информативным.

ArchiCAD  – это еще одна ведущая система для информационного моделирования зданий (BIM), разработанная компанией Graphisoft (часть Nemetschek Group). Как и Revit, ArchiCAD ориентирован на создание полноценной интеллектуальной 3D-модели здания, где каждый элемент является объектом с информацией. ArchiCAD был одним из первых BIM-решений, появившихся на рынке, и традиционно популярен среди архитекторов благодаря своему интуитивному интерфейсу и мощным инструментам для архитектурного проектирования.

*Философия и принципы работы ArchiCAD.*

ArchiCAD следует концепции «виртуального здания» (Virtual Building), что означает создание единой трехмерной модели, которая содержит все необходимые данные для проектирования, документации и анализа.

Единая модель: подобно Revit, ArchiCAD работает с одной централизованной моделью, откуда генерируются все планы, разрезы, фасады, 3D-виды и спецификации. Изменения в одном месте мгновенно обновляются во всех остальных.

Интеллектуальные элементы: Элементы (стены, перекрытия, колонны, двери, окна) – это не только графика, а объекты с физическими и информационными свойствами. Они «знают» свои размеры, материалы, толщину, теплопроводность и т. д.

Параметрический подход: Элементы управляются параметрами, что позволяет легко модифицировать их размеры, форму и свойства.

Teamwork (Командная работа): ArchiCAD предлагает мощную функцию для совместной работы, позволяющую нескольким пользова-

телям одновременно работать над одним проектом, координируя свои действия (рис. 2.4).

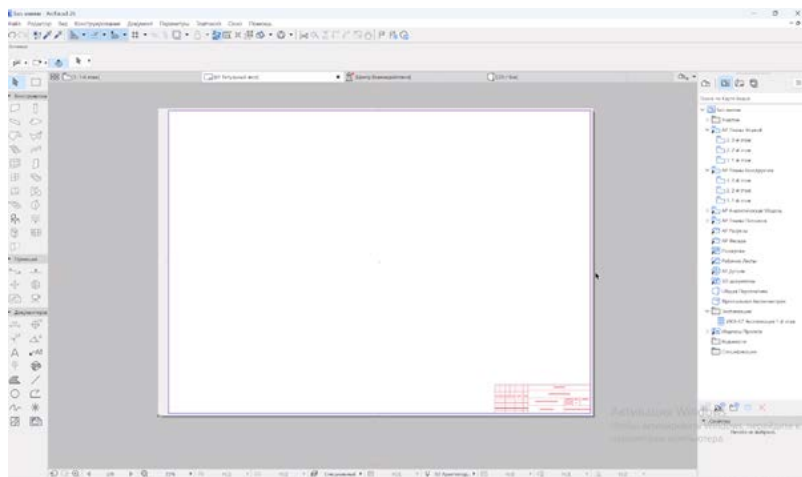


Рис. 2.4. Интерфейс ArchiCAD (версия 26)

OPEN BIM: Graphisoft является активным сторонником концепции OPEN BIM, которая продвигает открытые стандарты и форматы (в первую очередь IFC) для обмена BIM-данными между различными программными продуктами, обеспечивая интероперабельность.

#### *Основные возможности и функции.*

ArchiCAD предоставляет обширный набор инструментов для всех стадий архитектурно-строительного проектирования:

#### Архитектурное моделирование:

Стены, перекрытия, крыши: интуитивные инструменты для быстрого создания и редактирования архитектурных элементов, включая сложные многослойные конструкции.

Двери и окна: библиотека параметрических дверей и окон с возможностью настройки всех свойств, включая фурнитуру и детализацию.

Лестницы и ограждения: мощные инструменты для проектирования сложных лестниц и ограждений с автоматическим генерированием геометрии и деталей.

Морф (Morph) инструмент: для создания сложных, органических форм, что полезно для концептуального дизайна.

Зоны (Zones): автоматическое распознавание помещений и расчет их площадей, объемов, периметров.

Конструктивное моделирование (частично):

Моделирование несущих стен, колонн, балок, фундаментов.

Конструкции Revit (Structural Analytical Model): ArchiCAD может генерировать аналитическую модель для экспорта в расчетные комплексы.

В целом, для детального армирования и комплексных расчетов конструкций ArchiCAD обычно интегрируется с внешними специализированными программами (например, Tekla Structures, SCAD Office).

Инженерные системы (частично):

MEP Modeler Add-on: дополнительный модуль для базового моделирования и координации инженерных систем (воздуховоды, трубопроводы, кабельные лотки).

В основном, для полноценного проектирования и расчетов инженерных сетей ArchiCAD активно сотрудничает с другими BIM-системами через формат IFC.

Документация и публикации:

Автоматическая генерация чертежей: получение планов, разрезов, фасадов, узлов, деталей из 3D-модели с автоматическим обновлением.

Спецификации и ведомости: автоматическое создание интерактивных каталогов элементов, ведомостей объемов работ и материалов.

Настраиваемые макеты: инструменты для оформления чертежей в соответствии с различными стандартами.

Publisher: мощный инструмент для публикации всей документации в различных форматах (PDF, DWG, BIMx, IFC) одним кликом.

Визуализация и презентация:

CineRender by MAXON: встроенный движок для создания фотореалистичных рендеров.

BIMx: инновационное приложение для интерактивной презентации проектов на мобильных устройствах, позволяющее «прогуляться» по 3D-модели и получить доступ к информации об элементах.

Виртуальная реальность (VR): интеграция с VR-платформами для погружения в проект.

*Форматы файлов.*

PLN (ArchiCAD Project): нативный формат файла проекта ArchiCAD.

TPL (ArchiCAD Template): формат файлов шаблонов проектов.

GSM (ArchiCAD GDL Object): формат файлов для параметрических объектов (семейств), созданных на языке GDL (Geometric Description Language).

IFC (Industry Foundation Classes): ключевой формат для обмена данными с другими BIM-системами, поддерживается очень хорошо.

DWG/DXF: импорт и экспорт в форматы AutoCAD.

BIMx Hyper-model: специальный формат для интерактивных презентаций.

*Области применения.*

ArchiCAD особенно популярен среди:

Архитекторов: благодаря сильным инструментам для архитектурного моделирования и интуитивному интерфейсу.

Дизайнеров интерьеров: для создания детальных моделей помещений и расстановки мебели.

Небольших и средних архитектурных бюро: где ценится интегрированный подход и простота работы.

Застройщиков и девелоперов: для визуализации проектов и управления информацией.

*Преимущества и недостатки.*

Преимущества:

Интуитивный и удобный интерфейс: многие пользователи считают его более дружелюбным, чем Revit, особенно для архитекторов.

Мощные инструменты архитектурного моделирования: особенно для создания сложных крыш, лестниц, индивидуальных элементов.

Сильная поддержка OPEN BIM и формата IFC: обеспечивает хорошую совместимость с другими BIM-системами.

Функция Teamwork: эффективна для совместной работы.

Инновационные возможности презентации (BIMx): улучшают коммуникацию с заказчиком.

Высокая скорость работы для архитектурных задач.

Недостатки:


Менее развитые встроенные инструменты для детального конструктивного и инженерного проектирования: часто требуется использовать дополнительные модули или связки с другими программами.

Меньшая доля рынка в некоторых регионах (например, в Северной Америке): по сравнению с Revit.

Высокая стоимость лицензии.

Специфический язык GDL для создания объектов: требует отдельного изучения для продвинутой параметризации.

ArchiCAD остается одним из ключевых игроков на рынке BIM, предлагая мощный и интуитивный инструмент для создания информационных моделей зданий, особенно ценный для архитекторов и компаний, ориентированных на открытые стандарты и эффективную совместную работу.

 Renga – это российская BIM-система, разработанная компаниями АСКОН (создатель Компас-3D) и CSoft Development. Renga позиционируется как отечественное решение для комплексного информационного моделирования зданий, ориентированное на российские стандарты (ГОСТ, СПДС) и предназначенное для совместной работы архитекторов, конструкторов и инженеров.

*Философия и особенности Renga.*

Renga разрабатывалась с нуля как BIM-система, с акцентом на следующие принципы:

Отечественная разработка: соответствие российским нормативам и стандартам (ГОСТ, СПДС) является одним из ключевых приоритетов, что упрощает выпуск проектной документации.

Комплексное BIM-проектирование: Renga состоит из трех основных модулей – Renga Architecture, Renga Structure и Renga MEP, которые позволяют работать над всеми разделами проекта в единой среде (рис. 2.5).

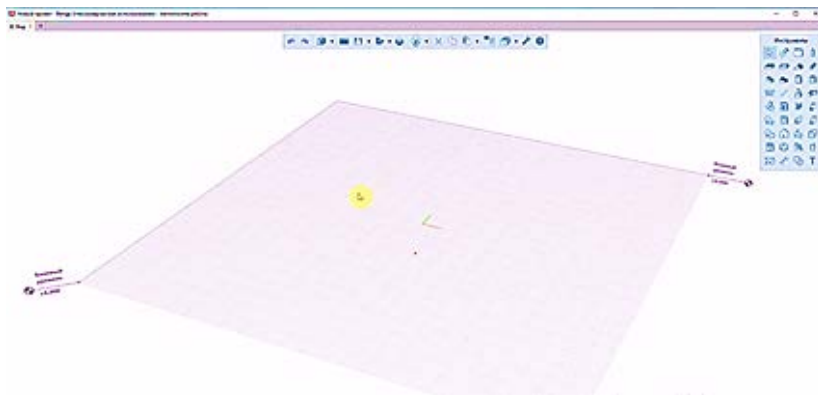


Рис. 2.5. Интерфейс Renga (версия 8.5)

Совместная работа: система изначально спроектирована для командной работы над одним проектом, позволяя множеству специалистов одновременно вносить изменения.

Легкость освоения: разработчики старались сделать интерфейс интуитивно понятным и максимально простым для начала работы, особенно для пользователей, переходящих с 2D-САПР.

Параметрическое моделирование: все элементы в Renga являются параметрическими объектами, содержащими как геометрическую, так и информационную часть.

*Модули и их возможности.*

Renga представлена тремя основными продуктами, которые могут работать как вместе, так и по отдельности:

Renga Architecture:

Архитектурное моделирование: создание стен, колонн, балок, перекрытий, крыш, лестниц, дверей, окон.

Интеллектуальные объекты: все элементы имеют свойства (материал, толщина, прочность, теплопроводность), которые могут быть использованы для автоматического генерирования спецификаций.

Формообразование: инструменты для создания и редактирования сложных архитектурных форм.

Генплан: возможность работы с данными топоповерхности и создание объектов генплана.

Экспликации и ведомости: автоматическое формирование экспликаций помещений, ведомостей заполнения проемов.

Renga Structure:

Конструктивное моделирование: разработка несущих конструкций зданий (фундаменты, колонны, балки, плиты перекрытий, фермы, каркасы).

Специализированные объекты: набор элементов для железобетонных и металлических конструкций.

Автоматическое армирование: возможность автоматического создания стержней арматуры в железобетонных элементах.

Взаимодействие с расчетными программами: экспорт аналитических моделей в расчетные комплексы (например, SCAD Office, ЛИРА-САПР) для проведения статических и динамических расчетов.

Renga MEP:

Проектирование инженерных систем: моделирование систем отопления, вентиляции, водоснабжения, канализации, электрики (электропитание, освещение, слаботочные системы).

Трассировка сетей: инструменты для автоматической и ручной трассировки трубопроводов, воздуховодов, кабельных лотков.

Размещение оборудования: библиотеки инженерного оборудования.

Расчеты: выполнение гидравлических и аэродинамических расчетов, расчеты потерь давления, балансировки систем.

Обнаружение коллизий: проверка на пересечения инженерных систем между собой и с архитектурно-конструктивными элементами.

*Основные возможности и функции (общие для всех модулей).*

Совместная работа: позволяет нескольким пользователям из разных отделов одновременно работать над одним проектом в режиме реального времени.

Автоматическое формирование документации: из 3D-модели автоматически генерируются 2D-чертежи (планы, разрезы, фасады, узлы), спецификации, ведомости объемов работ, соответствующие ГОСТ и СПДС.

Интерактивные спецификации: спецификации являются ассоциативными с моделью и обновляются при любых изменениях.

Визуализация: базовые возможности визуализации и навигации по 3D-модели.

Импорт/Экспорт: поддержка формата IFC для обмена данными с другими BIM-системами, а также DWG/DXF для взаимодействия с AutoCAD.

*Области применения.*

Renga активно применяется в:

проектных институтах и бюро для комплексного проектирования жилых, общественных и промышленных зданий;

строительных компаниях для получения точных объемов работ и материалов, координации строительства;

девелоперских компаниях: для контроля проектных решений и управления информацией;

образовательных учреждениях для подготовки специалистов в области BIM-технологий.

*Преимущества и недостатки.*

Преимущества:

Ориентация на российские стандарты (ГОСТ, СПДС) – это ключевое преимущество для рынка Беларуси и России.

Интегрированный подход к BIM: три модуля (Architecture, Structure, MEP) работают в единой среде.

Эффективная совместная работа реализована на высоком уровне.

Простота освоения: разработчики делают акцент на интуитивный интерфейс, что облегчает переход с 2D-САПР.

Отечественная разработка: важно с точки зрения импортозамещения и локальной поддержки.

Доступная стоимость лицензии (по сравнению с зарубежными аналогами).

Недостатки:

Меньшая функциональность по сравнению с мировыми лидерами: например, в детализации архитектурных форм или специализированных расчетных модулях.

Менее развитые библиотеки объектов: потребуется больше усилий на создание собственных семейств.

Визуализация пока не на уровне конкурентов: хотя для рабочих целей ее достаточно.

Меньшая мировая распространенность: что может создавать проблемы при международной коллаборации.

Renga является перспективной и активно развивающейся отечественной BIM-системой, которая занимает свою нишу на рынке за счет ориентации на российские стандарты и стремления к простоте использования и комплексности.

### **2.3. Методики и подходы в проектировании**

Проектирование – это сложный итеративный процесс создания новых объектов, систем или процессов. С развитием технологий и появлением САПР, методики и подходы к проектированию значительно эволюционировали. Они направлены на повышение эффективности, точности, качества и скорости разработки, а также на минимизацию ошибок и затрат.

САПР является организационно-технической (человеко-машинной) системой, которая создается с целью взаимодействия проектировщиков и программно-технических средств в процессе проектирования.

Взаимная увязка САПР и организационной структуры предприятия может осуществляться в двух направлениях.

*Первое* – адаптация САПР к существующей организационной структуре, *второе* – адаптация организационной структуры к САПР. Объединение программных и технических средств в единый комплекс подчеркивает возрастающий уровень их органического слияния. Наибольший выигрыш достигается при автоматизации всех видов про-

ектных работ (расчет, конструирование и т. п.) на всех этапах проектирования. Причем результат проектирования в САПР должен быть представлен в той форме проектной документации, которая необходима для дальнейшего продолжения процесса разработки изделия.

Анализ определения САПР с учетом накопленного опыта их создания и эксплуатации позволяет установить следующие общие требования (или принцип) к построению САПР.

*Объектная ориентированность.* САПР должна быть нацелена на проектирование определенного класса технических изделий в конкретных организациях.

*Эргатичность.* САПР должна обеспечить человеку главную роль в реализации процесса проектирования, особенно при постановке задач проектирования, анализе результатов и принятии решений. Человеку следует предоставить возможность выполнения неформализуемых проектных процедур.

*Коллективность.* САПР следует строить как систему коллективного пользования, в которой могут совместно работать проектировщики различного профиля (расчетчики, конструкторы, технологи).

*Системность.* САПР, как и всякая сложная система, должна строиться в виде совокупности функциональных модулей (подсистем).

*Эволюционность.* САПР должна иметь возможность непрерывного развития и совершенствования путем расширения за счет подключения новых модулей и модификации имеющихся.

*Информативность.* САПР должна обеспечить восприятие, хранение и обработку различных видов информации, необходимой для осуществления процесса проектирования.

*Комплексность.* САПР должна обеспечить комплексную конвейерную автоматизацию всех этапов проектирования.

*Агрегируемость.* САПР должна иметь возможность установления связей с другими автоматизированными системами или включения в качестве составной части в более сложную автоматизированную систему. Например, весьма эффективными являются взаимосвязи САПР с автоматизированными системами производства и экспериментальных исследований.

*Унифицируемость.* САПР должна иметь максимальное число унифицированных и стандартизованных составных частей. Это сокращает сроки разработки вновь создаваемых САПР, уменьшает их стоимость, упрощает взаимосвязь с другими автоматизированными системами и облегчает тиражирование САПР или его элементов.

Каждая подсистема САПР может быть структурирована путем разбиения на взаимосвязанные компоненты. Взаимодействие подсистем в САПР осуществляется с помощью связей между их компонентами. Таким образом, как отдельные подсистемы, так и САПР в целом можно рассматривать как системы взаимосвязанных компонентов, число которых может быть велико. Компоненты группируют по следующим видам обеспечения функционирования САПР и их подсистем: методического, лингвистического, математического, программного, технического, информационного и организационного.

Компоненты методического обеспечения – технические документы, в которых дано общее описание САПР; состав элементов, их основные характеристики и т. д. Компоненты лингвистического обеспечения – языки (входные и программирования), а также термины и определения. Компоненты математического обеспечения – математические модели объектов проектирования, а также методы и алгоритмы апробации.

При разработке документации для архитектурных проектов используются различные методики, предназначенные для визуализации и фиксации проектных решений.

Основными из них являются:

- графический метод;
- модельно-макетный метод;
- макетно-графический метод;
- метод с применением систем автоматизированного проектирования.

#### ***Особенности различных способов проектирования:***

##### **• Графический метод.**

Он отличается тем, что весь процесс разработки проекта сопровождается графическим изложением мыслей и инженерных решений. Делается это с помощью чертежей, таблиц, схем и пр. Этот метод отличается доступностью, так как не требует сложного оборудования и инструмента. Его можно считать основным, так как графические изображения и приемы применяются во всех без исключения вариантах создания проекта.

##### **• Модельно-макетный метод.**

Его основой является компоновка объемных моделей и частей сооружения непосредственно в пространстве. Он отличается рядом положительных особенностей, поскольку позволяет в относительно сжа-

тые сроки рассматривать большое количество вариантов размещения конструкций, оборудования и прочих элементов (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Макет коттеджа в разрезе

- **Макетно-графический метод.**

Он лучше всего подходит для решения задач промышленного строительства. Данный метод позволяет сочетать художественно-графическую визуализацию с масштабным моделированием объемов зданий и целых комплексов.

**Метод с применением САПР.** В настоящее время он становится основным, поскольку позволяет значительно ускорить выполнение работ по проекту и улучшить их качество. Также метод позволяет принимать оптимальные проектные решения в соответствии с возможностями и ресурсами строительства.

### **3. ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ AutoCAD**

#### **3.1. Запуск программы и интерфейс**

Начнем наше знакомство с AutoCAD с процесса запуска программы и детального изучения ее рабочего пространства. Понимание интерфейса – это первый и самый важный шаг к эффективной работе с любой САПР-системой.

Запустить AutoCAD можно несколькими способами, в зависимости от версии операционной системы и настроек установки:

*Через ярлык на рабочем столе:* найдите значок AutoCAD на вашем рабочем столе и дважды щелкните по нему левой кнопкой мыши.

Через меню «Пуск»:

В Windows 10/11: Нажмите кнопку «Пуск» (значок Windows в левом нижнем углу экрана), затем прокрутите список программ до папки «Autodesk» или «AutoCAD (версия)». Откройте папку и выберите «AutoCAD (версия)».

В более ранних версиях Windows процесс аналогичен.

Через строку поиска Windows: Нажмите кнопку «Пуск» или значок поиска (лупа) на панели задач, введите «AutoCAD» в строку поиска и выберите соответствующее приложение из результатов.

После запуска программы может появиться окно «Начальный экран» (Start tab). Это удобный центр для быстрого доступа к недавним проектам, создания новых чертежей, открытия файлов-шаблонов и получения учебных материалов.

Современный интерфейс AutoCAD, начиная с версии 2009 г., основан на так называемой «ленте» (Ribbon), которая заменила традиционные панели инструментов и выпадающие меню. Это сделано для более удобной организации множества команд.

Рассмотрим основные элементы рабочего пространства AutoCAD.

*Кнопка меню приложения (Application Button)* расположена в верхнем левом углу (большой красный значок «А»). При нажатии открывает меню, которое предоставляет доступ к базовым операциям с файлами: «Создать» (New), «Открыть» (Open), «Сохранить» (Save), «Сохранить как» (Save As), «Печать» (Plot), «Параметры» (Options) и другие. Здесь же можно найти последние открытые документы.

*Панель быстрого доступа (Quick Access Toolbar – QAT)* находится рядом с кнопкой меню приложения, над лентой. Содержит часто используемые команды, такие как «Создать» (New), «Открыть» (Open), «Сохранить» (Save), «Отменить» (Undo), «Повторить» (Redo). Эту панель можно настроить, добавив или удалив команды.

*Лента (Ribbon)* – это основной элемент интерфейса, расположенный в верхней части окна. Лента организована по вкладкам (Tabs) и панелям (Panels) с командами.

*Вкладки ленты (Ribbon Tabs)* организуют команды по функциональным областям или этапам работы (например, «Главная» (Home), «Вставка» (Insert), «Аннотации» (Annotate), «Вид» (View), «Управление» (Manage) и т. д.).

*Панели (Panels)*. Каждая вкладка содержит несколько панелей, объединяющих схожие команды (например, на вкладке «Главная» есть

панели «Рисование» (Draw), «Редактирование» (Modify), «Аннотации» (Annotation), «Слои» (Layers)).

**Кнопки команд.** На панелях расположены кнопки для вызова команд. Некоторые кнопки имеют выпадающие списки или дополнительные опции.

**Развертывающиеся панели.** Некоторые панели имеют стрелку в правом нижнем углу (или рядом с заголовком), нажатие на которую разворачивает панель, показывая дополнительные команды.

**Минимизация ленты:** ленту можно сворачивать для экономии места на экране. Доступны различные режимы минимизации (минимизировать до заголовков вкладок, до заголовков панелей или полностью свернуть).

**Рабочая область / Область рисования (Drawing Area).** Самая большая часть экрана, где вы создаете и редактируете свои чертежи. Это бесконечное двухмерное или трехмерное пространство (рис. 3.1).

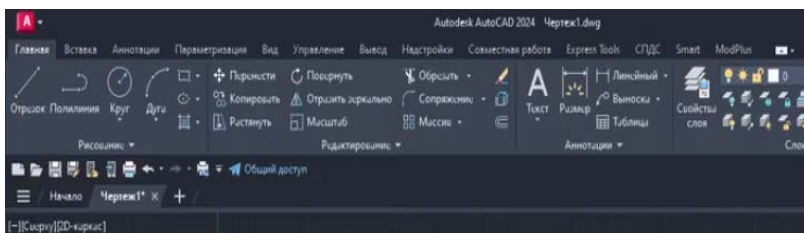


Рис. 3.1. Строка команд

**Система координат (UCS Icon):** значок в левом нижнем углу рабочей области, показывающий ориентацию осей X, Y (и Z в 3D).

**Видовой куб (ViewCube):** (отображается по умолчанию в 3D-режиме) интерактивный инструмент в правом верхнем углу, позволяющий легко менять ориентацию 3D-модели.

**Панель навигации (Navigation Bar):** (отображается по умолчанию рядом с ViewCube) содержит инструменты для панорамирования, зумирования, орбиты и других навигационных функций.

**Командная строка (Command Line)** расположена в нижней части экрана, под областью рисования. Это очень важный элемент, через который AutoCAD общается с пользователем.

**Ввод команд:** здесь вы можете вводить команды текстом.

**Запросы программы:** AutoCAD выводит здесь запросы к пользователю (например, «Укажите первую точку», «Введите радиус»).

Сообщения программы: отображает информацию о выполненных операциях или ошибках.

Подсказки: по мере ввода команды, командная строка предлагает варианты автозавершения.

Командную строку можно перемещать и изменять ее размер. Опытные пользователи часто работают через командную строку, так как это быстрее, чем поиск команд на ленте.

Строка состояния (Status Bar) находится в самом низу окна AutoCAD. Содержит различные вспомогательные кнопки и индикаторы, которые управляют режимами рисования и помогают в работе.

Режимы привязки (Snap, Grid, Ortho, Polar, Osnap, Otrack) включение/выключение режимов, помогающих точно рисовать.

Толщина линий (Line Weight): отображение или скрытие толщины линий.

Пространство модели/листа: переключение между пространством модели и пространством листа.

Масштаб аннотаций: управление масштабом для текста, размеров и других аннотаций.

Многие кнопки здесь можно включать/выключать правой кнопкой мыши, чтобы настроить строку состояния под свои нужды.

Вкладки файлов (File Tabs) расположены над областью рисования. Позволяют быстро переключаться между открытыми чертежами. Есть также вкладка «Начало» (Start) для доступа к стартовому экрану.

### **3.2. Настройка интерфейса и создание чертежа**

AutoCAD предоставляет широкие возможности для настройки интерфейса.

Рабочие пространства (Workspaces): Набор настроек интерфейса, оптимизированных для конкретных задач (например, «Рисование и аннотации» (2D Drafting & Annotation), «3D-моделирование» (3D Modeling)). Переключаться между ними можно через кнопку на строке состояния или через меню «Вид».

Скрытие/отображение панелей: Любую панель ленты можно отключить, а кнопки на панели быстрого доступа – настроить.

Создание пользовательских команд: Опытные пользователи могут создавать свои собственные команды и макросы.

Эффективное использование интерфейса AutoCAD значительно повышает производительность работы. Потратьте время на изучение

расположения команд и режимов, чтобы свободно ориентироваться в программе.

После того как вы освоились с интерфейсом AutoCAD, следующим шагом будет научиться создавать новые чертежи и открывать уже существующие. Это базовые операции, с которых начинается любая работа в программе.

В AutoCAD есть несколько способов начать новый чертёж:

Через кнопку «Создать» (New) на панели быстрого доступа (QAT):

Это самый быстрый способ. Просто нажмите на значок белого листа бумаги.

Появится диалоговое окно «Выбор шаблона» (Select Template). Шаблоны (.dwt файлы) содержат предустановленные настройки чертежа (единицы измерения, слои, стили текста, размеры, масштабы аннотаций и т. д.).

Рекомендуется всегда начинать с шаблона. Например, acadiso.dwt – это стандартный шаблон для метрических единиц измерения (миллиметры) без предустановленных рамок и штампов. Шаблоны с рамками и штампами обычно создаются на предприятии или скачиваются.

Выберите подходящий шаблон и нажмите «Открыть» (Open). Будет создан новый пустой чертёж с настройками из выбранного шаблона.

Через кнопку меню приложения (Application Button):

Нажмите на большой красный значок «А» в левом верхнем углу.

Выберите «Создать» (New).

Далее процесс аналогичен: появится диалоговое окно «Выбор шаблона», где вы выбираете .dwt файл.

Через вкладку «Начало» (Start tab):

На стартовом экране программы в левой части есть раздел «Начать рисование» (Start Drawing).

Нажмите на кнопку «Шаблон» (Template) или на значок «Начать новый чертёж» (Start new drawing).

Также можно выбрать один из недавно использованных шаблонов, если он отображается в списке.

Через командную строку:

Введите команду NEW (или НОВЫЙ для русской версии) и нажмите Enter.

Откроется диалоговое окно «Выбор шаблона».

Важно: Правильный выбор шаблона в начале работы позволяет избежать многих проблем с настройками в дальнейшем. Шаблоны могут содержать:

Единицы измерения (мм, см, м, дюймы и т. д.).

Наборы слоев с заданными цветами, типами и толщинами линий.

Стили текста и размеров.

Типы линий и штриховок.

Предустановленные листы для печати с рамками и штампами.

Открытие существующего чертежа

Для открытия уже созданного чертежа используйте один из следующих способов:

Через кнопку «Открыть» (Open) на панели быстрого доступа (QAT):

Нажмите на значок открытой папки.

Появится диалоговое окно «Выбор файла» (Select File).

Найдите нужный файл .dwg на вашем компьютере и нажмите «Открыть» (Open).

Через кнопку меню приложения (Application Button):

Нажмите на значок «А».

Выберите «Открыть» (Open), затем «Чертеж...» (Drawing...).

Далее процесс аналогичен: выберите .dwg файл и нажмите «Открыть».

Через вкладку «Начало» (Start tab):

В разделе «Недавние документы» (Recent Documents) вы можете увидеть список файлов, над которыми вы работали недавно. Просто щелкните по имени файла, чтобы открыть его.

Если нужного файла нет в списке, используйте кнопку «Открыть файлы» (Open Files), которая перенаправит вас к диалоговому окну «Выбор файла».

Через командную строку:

Введите команду OPEN (или ОТКРЫТЬ для русской версии) и нажмите Enter.

Откроется диалоговое окно «Выбор файла».

Перетаскивание (Drag and Drop):

Вы можете просто перетащить файл .dwg из папки Windows непосредственно в окно AutoCAD.

Советы по работе с файлами:

Сохраняйтесь регулярно! Используйте команду «Сохранить» (Save) или комбинацию Ctrl+S. AutoCAD также имеет функцию автосохранения, но полагаться только на нее не стоит.

Используйте «Сохранить как...» (Save As) осторожно: эта команда создает новую копию чертежа. Будьте внимательны, чтобы не перепутать версии.

Изучите папку «Резервные копии» (Backup files): AutoCAD автоматически создает резервные копии (.bak файлы) и файлы автосохране-

ния (.sv\$). В случае сбоя их можно переименовать в .dwg и восстановить часть работы.

Овладение этими базовыми операциями – это фундамент для дальнейшего изучения AutoCAD. Всегда начинайте новый чертеж с правильного шаблона и регулярно сохраняйте свою работу.

Панели инструментов и команды.

Одной из ключевых особенностей интерфейса AutoCAD, которая облегчает работу, является использование панелей инструментов (теперь в составе «ленты») и различных команд. Понимание их организации и способов вызова команд жизненно важно для продуктивной работы.

Лента как основной элемент интерфейса.

Как уже упоминалось, современный AutoCAD использует ленту (Ribbon) для организации команд. Лента объединяет команды в логические группы.

Вкладки (Tabs) представляют собой основную категоризацию команд по функциям. Например:

«Главная» (Home) содержит наиболее часто используемые команды для рисования, редактирования, работы со слоями, аннотациями.

«Вставка» (Insert) – для вставки блоков, внешних ссылок, изображений.

«Аннотации» (Annotate) – для работы с текстом, размерами, выносками, таблицами.

«Вид» (View) – для управления отображением чертежа, переключения видов, создания видовых экранов.

«Управление» (Manage) – для работы с параметрами, макросами, наборами листов.

Панели (Panels): каждая вкладка разделена на панели, которые группируют команды внутри вкладки. Например, на вкладке «Главная» вы найдете панели «Рисование», «Редактирование», «Слои», «Аннотации».

Кнопки команд: на панелях расположены непосредственно кнопки для вызова команд.

Некоторые кнопки имеют выпадающие стрелки (например, под кнопкой «Окружность»), которые открывают дополнительные варианты команды (например, «Окружность по центру и радиусу», «Окружность по двум точкам»).

Некоторые панели имеют стрелку в правом нижнем углу (или рядом с заголовком), нажатие на которую разворачивает панель, показывая еще больше команд (например, панель «Рисование»).

Способы вызова команд.

Вызвать любую команду в AutoCAD можно несколькими способами. Знание этих способов позволяет выбрать наиболее удобный и быстрый для конкретной ситуации и личных предпочтений.

Через ленту (Ribbon):

Это самый наглядный и распространенный способ. Просто найдите нужную вкладку, затем панель и щелкните по соответствующей кнопке команды.

Преимущество – визуальное представление команд, удобство для новичков.

Через командную строку (Command Line):

Самый быстрый способ для опытных пользователей. Просто начните вводить имя команды (или ее сокращенное имя/псевдоним) в командной строке. По мере ввода AutoCAD предложит варианты автозавершения. Нажмите Enter или Пробел, чтобы выполнить команду.

Примеры:

LINE (или L) для рисования отрезка.

CIRCLE (или C) для рисования окружности.

COPY (или CO) для копирования объектов.

ERASE (или E) для удаления объектов.

MOVE (или M) для перемещения объектов.

Преимущество: скорость, не требует движения мыши по экрану, позволяет выполнять команду без отрыва от клавиатуры.

Примечание: AutoCAD часто показывает подсказки и запросы в командной строке, поэтому всегда следите за ней!

Через контекстное меню (правая кнопка мыши):

Щелкните правой кнопкой мыши в пустой области чертежа. Появится контекстное меню.

Верхняя часть меню обычно содержит последние использованные команды (например, «Повторить последнюю команду»).

Ниже могут быть команды, специфичные для текущего контекста (например, если выбран объект).

Преимущество: быстрый доступ к часто используемым и последним командам.

Через меню приложения (Application Menu):

Нажмите на большую красную кнопку «A» в левом верхнем углу.

Здесь можно найти некоторые команды, но в основном это команды для работы с файлами, печатью и параметрами.

Через палитры инструментов (Tool Palettes):

Это настраиваемые палитры, которые могут содержать часто используемые блоки, штриховки, команды. Их можно вызвать командой `TOOLPALETTES` или `Ctrl+3`.

Преимущество: удобство для организации часто используемых элементов и команд.

Через горячие клавиши (Keyboard Shortcuts):

Некоторые команды можно вызвать с помощью комбинаций клавиш (например, `Ctrl+S` для сохранения, `Ctrl+Z` для отмены).

Преимущество: максимальная скорость.

Работа с командами: запрос и опции.

Когда вы вызываете команду, AutoCAD часто требует дополнительной информации или предлагает различные опции. Эта информация отображается в командной строке.

Пример: Команда `LINE` (Отрезок):

Вы вызвали команду `LINE`.

В командной строке появляется: `LINE Specify first point: (Отрезок Укажите первую точку:)`

Вы щелкаете мышью на экране или вводите координаты.

Затем: `Specify next point or [Undo]: (Укажите следующую точку или [Отменить]:)`

Вы можете продолжить указывать точки, или ввести `U (Undo)` для отмены последнего сегмента, или нажать `Enter` для завершения команды.

Пример: Команда `CIRCLE` (Окружность):

Вы вызвали команду `CIRCLE`.

В командной строке: `CIRCLE Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: (Окружность Укажите центральную точку окружности или [3Т/2Т/ККР (касательная, касательная, радиус):])`

Здесь в квадратных скобках `[3P/2P/Ttr]` перечислены опции. Чтобы выбрать опцию, достаточно ввести ее заглавную букву (или первые несколько букв, если они уникальны) и нажать `Enter`. Например, `3P` для окружности по трем точкам.

Ключевой совет: всегда следите за командной строкой! Она является вашим главным помощником и проводником в работе с AutoCAD. Понимание запросов и опций команды в командной строке значительно ускорит ваше обучение и повысит эффективность.

### 3.3. Создание и редактирование графических примитивов

Основой любого чертежа в AutoCAD является набор графических примитивов. Это базовые геометрические объекты, из которых строятся более сложные элементы. Умение их создавать и редактировать – фундаментальный навык для работы в AutoCAD.

*Основные графические примитивы.*

На панели «Рисование» (Draw) вкладки «Главная» (Home) вы найдете кнопки для создания большинства этих примитивов:

Отрезок (Line):

Команда: LINE (или L)

Представляет собой прямой сегмент, соединяющий две точки.

Используется для создания прямолинейных элементов.

После вызова команды AutoCAD запросит «Укажите первую точку», затем «Укажите следующую точку». Можно продолжать указывать точки, создавая ломаную линию, или нажать Enter для завершения.

Полилиния (Polyline):

Команда: PLINE (или PL)

Это единый объект, состоящий из одного или нескольких сегментов отрезков или дуг. Все сегменты полилинии рассматриваются как один объект.

Преимущества: удобно для создания контуров, периметров, замкнутых фигур. Можно задавать разную толщину для сегментов полилинии.

Использование аналогично отрезку, но после каждой точки можно выбирать опции (например, A для дуги).

Окружность (Circle):

Команда: CIRCLE (или C)

Основной способ – «Центр, радиус». AutoCAD запросит центр и радиус (или диаметр).

Другие опции: «По 3 точкам», «По 2 точкам», «Касательная, касательная, радиус» и т. д. Доступны через выпадающее меню на ленте или опции в командной строке.

Дуга (Arc):

Команда: ARC (или A)

Множество способов построения: «3 точки», «Центр, начало, конец», «Начало, конец, радиус» и т. д.

Прямоугольник (Rectangle):

Команда: RECTANG (или REC)

Основной способ – указать две противоположные вершины.

Опции: «Скругление» (Fillet), «Фаска» (Chamfer), «Толщина» (Width).

Эллипс (Ellipse):

Команда: ELLIPSE (или EL)

Строится по центру и двум радиусам (большой и малый оси).

Полигон (Polygon):

Команда: POLYGON (или POL)

Построение правильных многоугольников (от 3 до 1024 сторон).

Задается количество сторон, центр, затем указывается, вписан или описан полигон относительно окружности и ее радиус.

Штриховка (Hatch):

Команда: HATCH (или H)

Используется для закрасивания замкнутых областей определенным узором (например, для обозначения разрезов материалов).

Требует замкнутого контура.

Позволяет выбирать тип штриховки, масштаб, угол наклона.

*Выбор объектов.*

Перед редактированием объектов их необходимо выбрать. В AutoCAD есть несколько способов выбора:

Щелчок мышью: щелкните левой кнопкой мыши по объекту, чтобы выбрать его. Повторный щелчок снимает выбор.

Рамка выбора (Window Selection): щелкните левой кнопкой мыши в пустой области и, не отпуская, перетащите курсор вправо. Появится синяя рамка (окно). Все объекты, полностью попадающие внутрь этой рамки, будут выбраны.

Пересекающая рамка (Crossing Selection): щелкните левой кнопкой мыши в пустой области и, не отпуская, перетащите курсор влево. Появится зеленая рамка (пересечение). Все объекты, которые полностью попадают внутрь или пересекают эту рамку, будут выбраны.

Выбор «Лассо» (Lasso): щелкните левой кнопкой мыши в пустой области и, удерживая кнопку, перетаскивайте курсор в виде произвольной фигуры.

Выбор всех объектов: введите ALL в командной строке и нажмите Enter.

Снять выбор со всех объектов: нажмите Esc или щелкните в пустой области.

*Основные команды редактирования.*

На панели «Редактирование» (Modify) вкладки «Главная» (Home) вы найдете основные инструменты для изменения существующих объектов:

Перенести (Move):

Команда: MOVE (или M)

Перемещает выбранные объекты из одного места в другое.

Требует указания базовой точки (начальной точки перемещения) и точки назначения (конечной точки).

Копировать (Copy):

Команда: COPY (или CO)

Создает копии выбранных объектов.

Также требует базовой точки и точки назначения. Позволяет создавать несколько копий.

Повернуть (Rotate):

Команда: ROTATE (или RO)

Поворачивает выбранные объекты вокруг базовой точки на заданный угол.

Требует базовой точки поворота и угла поворота.

Масштабировать (Scale):

Команда: SCALE (или SC)

Изменяет размер выбранных объектов равномерно во всех направлениях.

Требует базовой точки и коэффициента масштабирования.

Стереть (Erase):

Команда: ERASE (или E)

Удаляет выбранные объекты. Просто выберите объекты и нажмите Delete или E.

Зеркало (Mirror):

Команда: MIRROR (или MI)

Создает зеркальное отражение выбранных объектов относительно заданной оси.

Требует указания двух точек, определяющих ось зеркального отражения.

Обрезать (Trim):

Команда: TRIM (или TR)

Обрезает объекты, выступающие за определенные режущие кромки.

Сначала выберите режущие кромки, затем объекты для обрезки. (В новых версиях можно просто выбрать объекты для обрезки после вызова команды).

Удлинить (Extend):

Команда: EXTEND (или EX)

Удлиняет объекты до указанных граничных кромок.

Сначала выберите граничные кромки, затем объекты для удлинения. (В новых версиях можно просто выбрать объекты для удлинения после вызова команды).

Сопряжение (Fillet):

Команда: FILLET (или F)

Создает скругление (дугу) между двумя объектами с заданным радиусом.

Требует указания радиуса скругления (опция R) и выбора двух объектов.

Фаска (Chamfer):

Команда: CHAMFER (или CHA)

Создает фаску (скос) между двумя объектами с заданными расстояниями или углом.

Требует указания расстояний (опция D) или длины и угла (опция A), и выбора двух объектов.

Расчленить (Explode):

Команда: EXPLODE (или X)

Разбивает составной объект (например, полилинию, блок, штриховку) на его составляющие примитивы.

Массив (Array):

Команда: ARRAY (или AR)

Создает несколько копий объектов по заданному шаблону (прямоугольный массив, круговой массив, массив по траектории).

Важно: для точного создания и редактирования объектов необходимо использовать режимы привязки и режимы ортогонального рисования/полярного отслеживания, о которых мы поговорим в следующем разделе. Постоянно практикуйтесь в использовании этих команд, чтобы довести их до автоматизма.

Режимы рисования: привязки, ортогональное рисование, полярное отслеживание

Для создания точных и профессиональных чертежей в AutoCAD крайне важно использовать специальные режимы рисования. Эти режимы помогают вам позиционировать объекты с высокой точностью, обеспечивая правильное расположение элементов и избегая ошибок.

Все основные режимы рисования включаются/выключаются с помощью кнопок на строке состояния (Status Bar) в нижней части окна

AutoCAD. При активации кнопка становится синей или серой (в зависимости от темы интерфейса).

### **1. Режим «Орто» (Ortho Mode).**

Кнопка на строке состояния: значок с прямым углом (или F8).

Функция ограничивает рисование линий и перемещение объектов строго по горизонтали или вертикали относительно текущей системы координат (UCS).

Применение: очень полезен для быстрого создания прямых углов, выравнивания объектов, перемещения объектов вдоль осей X или Y.

Пример: когда вы рисуете отрезок, включив режим «Орто», линия будет рисоваться только под углом 0, 90, 180 или 270 градусов, независимо от движения мыши.

### **2. Полярное отслеживание (Polar Tracking).**

Кнопка на строке состояния: значок с углом и пунктирной линией (или F10).

Функция: отображает временные пунктирные линии (линии отслеживания) под заданными углами, помогая рисовать объекты под определенными наклонами.

Настройка: Щелкните правой кнопкой мыши по кнопке «Полярное отслеживание» на строке состояния, чтобы выбрать стандартные углы (например, 45, 90, 135 градусов) или добавить свои.

Применение: идеально для рисования линий под углом 30, 45, 60 градусов, а также для выравнивания объектов под заданными углами, когда «Орто» слишком ограничивает.

Примечание: «Орто» и «Полярное отслеживание» являются взаимоисключающими режимами; при включении одного, другой отключается.

### **3. Объектные привязки (Object Snap – OSNAP).**

Кнопка на строке состояния: значок с квадратом и маленьким треугольником (или F3).

Функция позволяет точно привязываться к ключевым точкам существующих геометрических объектов (например, к конечной точке отрезка, центру окружности, середине линии). Когда курсор мыши приближается к такой точке, появляется специальный маркер и подсказка.

Настройка: щелкните правой кнопкой мыши по кнопке «Объектные привязки» и выберите «Настройки объектной привязки...» (Object Snap Settings...). Откроется диалоговое окно, где вы можете включить/выключить различные типы привязок.

Наиболее часто используемые типы привязок:

Конечная точка (Endpoint): Квадрат. Привязка к началу или концу отрезка/дуги/полилинии.

Середина (Midpoint): Треугольник. Привязка к середине отрезка/дуги/полилинии.

Центр (Center): Круг. Привязка к центру окружности, дуги, эллипса.

Квадрант (Quadrant): Ромб. Привязка к точкам на окружности или эллипсе (0, 90, 180, 270 градусов).

Пересечение (Intersection): Крестик. Привязка к точке пересечения двух объектов.

Продолжение (Extension): Три точки на линии. Позволяет построить линию, продолжающую существующий объект.

Перпендикуляр (Perpendicular): Прямой угол. Привязка к точке на объекте, образующей перпендикуляр к другому объекту.

Касательная (Tangent): круг с линией. Привязка к точке касания окружности/дуги к другому объекту.

Ближайшая (Nearest): Песочные часы. Привязка к ближайшей точке на объекте (используйте осторожно, может привязаться куда угодно).

Временные привязки: во время выполнения команды, когда AutoCAD запрашивает точку, можно временно вызвать конкретную привязку. Для этого нажмите Shift + правая кнопка мыши и выберите нужную привязку из контекстного меню.

#### **4. Отслеживание объектной привязки (Object Snap Tracking - OTRACK).**

Кнопка на строке состояния: значок с двумя пересекающимися под углом линиями (или F11).

Функция: отображает временные линии отслеживания, которые проходят через точки объектных привязок (и их комбинации), позволяя находить точки, лежащие на продолжении или пересечении этих линий.

Применение: очень удобен для выравнивания объектов. Например, чтобы нарисовать точку на пересечении линии, продолжающей один объект, и линии, перпендикулярной другому объекту.

#### **5. Привязка к сетке и Шаговая привязка (Grid Display & Snap Mode).**

Кнопка на строке состояния: значок сетки (F7) и значок квадрата (F9).

Сетка (Grid Display – F7): отображает на фоне рабочей области сетку из точек или линий. Это визуальное вспомогательное средство, которое не влияет на точность черчения.

Шаговая привязка (Snap Mode – F9): ограничивает движение курсора к точкам на заданном шаге сетки. Используется редко, так как «Объектные привязки» и «Полярное отслеживание» обеспечивают гораздо большую гибкость и точность.

#### **6. Ввод динамических значений (Dynamic Input).**

Кнопка на строке состояния: Значок с курсором и цифрами (F12).

Функция: отображает командную строку и запросы AutoCAD прямо рядом с курсором мыши в рабочей области. Позволяет вводить значения (длины, углы, координаты) прямо на экране.

Применение: ускоряет работу, так как не нужно постоянно смотреть в командную строку внизу. При рисовании отрезка можно сразу ввести его длину и угол.

Использование этих режимов рисования в совокупности является ключом к созданию точных, аккуратных и легко редактируемых чертежей в AutoCAD. Практикуйтесь во включении/выключении этих режимов и освоите их комбинации.

### **3.4. Работа со слоями, цветами, типами и толщиной линий**

Организация чертежа в AutoCAD играет такую же важную роль, как и само рисование. Слои (Layers) являются фундаментом для этой организации, позволяя управлять видимостью, свойствами и поведением графических объектов.

#### **1. Что такое слой?**

Представьте слой как прозрачные листы кальки, накладывающиеся друг на друга. На каждом листе (слое) вы рисуете определенный тип объектов (например, на одном слое – стены, на другом – размеры, на третьем – мебель, на четвертом – оси). Несмотря на то, что объекты находятся на разных слоях, вы видите их все вместе.

Цель использования слоев:

Организация: структурирование чертежа по типам объектов.

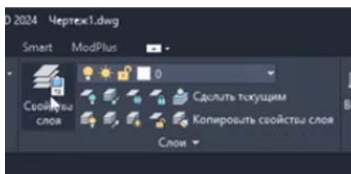
Управление видимостью: возможность включать/выключать отображение определенных типов объектов.

Управление свойствами: единообразное назначение цвета, типа линии, толщины линии для всех объектов на одном слое.

Блокировка: запрет на редактирование объектов на определенных слоях.

Печать: управление тем, какие слои будут печататься.

#### **2. Диспетчер свойств слоев (Layer Properties Manager).**



Это центральное место для создания, редактирования и управления слоями.

Вызов:

Панель «Слои» (Layers) на вкладке «Главная» (Home). Нажмите на кнопку

«Свойства слоев» (Layer Properties) (значок стопки листов).

Команда: LAYER (или LA).

Элементы Диспетчера свойств слоев:

Имя слоя: Уникальное имя для каждого слоя (например, «Стены», «Размеры», «Оси», «Мебель»).

Состояние слоя:

Вкл/Выкл (On/Off): управляет видимостью слоя. Выключенный слой не отображается на экране и не печатается.

Заморозить/Разморозить (Freeze/Thaw): аналогично Вкл/Выкл, но более «жесткий» режим. Замороженные слои не перестраиваются при регенерации чертежа, что может ускорить работу с большими файлами.

Блокировка/Разблокировка (Lock/Unlock): заблокированный слой виден, но объекты на нем нельзя редактировать (перемещать, удалять и т. д.). Удобно для защиты важных элементов.

Цвет (Color): основной цвет объектов на слое. Рекомендуется назначать цвета по слоям (ByLayer), чтобы управлять ими централизованно.

Тип линии (Linetype): Стиль линии (сплошная, штриховая, пунктирная и т. д.). Также рекомендуется назначать по слоям.

Толщина линии (Lineweight): Толщина линии при печати. Назначается по слоям.

Печать/Не печатать (Plot/No Plot): управляет тем, будет ли слой печататься, даже если он виден на экране.

Новый текущий: установка слоя как текущего. Все новые объекты будут рисоваться на этом слое.

### **3. Создание и настройка слоев.**

Создать новый слой: в Диспетчере свойств слоев нажмите кнопку «Создать слой» (New Layer) (значок белого листа со звездочкой). Введите имя нового слоя.

Задать свойства слоя: для каждого нового слоя установите желаемый цвет, тип линии и толщину линии.

Загрузка типов линий: если нужного типа линии нет в списке, нажмите на кнопку «Тип линии», затем «Загрузить...» (Load...) и выберите

рите нужный тип из списка (например, HIDDEN для штриховой, CENTER для осевой).

Настройка толщины линий: выберите нужную толщину из списка. Чтобы видеть толщины линий на экране, убедитесь, что кнопка «Отображение/скрытие толщины линий» (Show/Hide Lineweight) на строке состояния включена (значок с тремя линиями разной толщины).

#### **4. Работа с объектами и слоями.**

Назначение объектов на слой:

Перед рисованием: убедитесь, что нужный слой является текущим (выбран в выпадающем списке на панели «Слой» или отмечен в Диспетчере слоев). Все новые объекты будут создаваться на этом слое.

После рисования: Выберите объект(ы), затем в выпадающем списке на панели «Слой» выберите слой, на который вы хотите переместить объект(ы).

Свойства «По слою» (ByLayer): для большинства объектов рекомендуется устанавливать свойства (цвет, тип линии, толщину) «По слою». Это означает, что объект будет принимать свойства слоя, на котором он находится. Если вы измените свойство слоя, все объекты на нем автоматически обновятся.

Свойства объекта (цвет, тип линии, толщина) можно переопределить индивидуально для каждого объекта в Палитре свойств (Properties Palette - Ctrl+1), но это не рекомендуется, так как нарушает централизованное управление слоями.

#### **5. Рекомендации по использованию слоев.**

Логическая организация: Создавайте слои по функциональному назначению (например, «Стены», «Окна», «Двери», «Колонны», «Размеры», «Текст», «Оси», «Инженерные сети\_ОВК», «Инженерные сети\_ЭОМ»).

Именованние слоев: используйте четкие и понятные имена. Для больших проектов может быть полезна система именования слоев (например, «AP\_Стены\_Несущие», «КР\_Фундаменты»).

Текущий слой: всегда следите за тем, какой слой является текущим, чтобы объекты создавались на правильном слое.

Выключение/замораживание неиспользуемых слоев: это не только повышает читаемость чертежа, но и может улучшить производительность AutoCAD, особенно для больших файлов.

Блокировка важных слоев: защищайте слои, которые не должны быть случайно изменены.

Эффективная работа со слоями является признаком грамотного проектировщика в AutoCAD. Она позволяет создавать структурированные, легко управляемые и профессиональные чертежи.

Работа с блоками: создание, вставка, редактирование.

Блоки (Blocks) в AutoCAD – это мощный инструмент для повторного использования стандартных элементов и организации чертежа. Блок представляет собой один или несколько объектов, объединенных в единое целое, которое можно вставлять в чертеж многократно.

### **1. Что такое блок и зачем он нужен?**

Блок – это именованная группа объектов (линий, окружностей, текста и т. д.), которая функционирует как один объект.

Преимущества использования блоков:

Сокращение размера файла: вместо хранения множества копий одних и тех же объектов, AutoCAD хранит только одно определение блока и информацию о каждом его вхождении (точка вставки, масштаб, поворот). Это значительно уменьшает размер файла чертежа.

Быстрое редактирование: если вам нужно изменить дизайн элемента, который встречается много раз (например, тип окна или символ розетки), достаточно изменить определение блока (саму «мастер-копию»). Все вхождения этого блока в чертеже автоматически обновятся.

Стандартизация: позволяет создавать библиотеки стандартных элементов (двери, окна, мебель, сантехника, крепеж, условные обозначения), что ускоряет проектирование и обеспечивает единообразие чертежей.

Удобство управления: блоки можно легко перемещать, копировать, поворачивать, масштабировать как единый объект.

Атрибуты: блоки могут содержать атрибуты – текстовые данные, которые можно изменять для каждого вхождения блока (например, номер двери, марка оборудования, имя помещения).

### **2. Создание блока (Make Block).**

Чтобы создать блок из существующих объектов:

Нарисуйте объекты: создайте графические объекты, которые будут составлять блок (например, контур двери, символ розетки).

Вызовите команду «Создать блок» (Block Definition):

Панель «Блок» (Block) на вкладке «Вставка» (Insert). Нажмите кнопку «Создать» (Create).

Команда: BLOCK (или B).

Появится диалоговое окно «Определение блока» (Block Definition):

Имя (Name): Присвойте блоку уникальное и осмысленное имя (например, «Дверь\_однополюсная\_Д800», «Символ\_розетка\_220В»).

Базовая точка (Base Point) – это точка, за которую вы будете «цепляться» при вставке блока. Это критически важный параметр. Нажмите кнопку «Указать на экране» (Pick point) и щелкните на чертеже в нужном месте (например, угол стены для двери, центр для символа).

Объекты (Objects): Нажмите кнопку «Выбрать объекты» (Select objects) и выберите все объекты, которые должны войти в блок. Нажмите Enter.

Поведение (Behavior):

Аннотативный (Annotative): (подробнее в разделе об аннотативности) позволяет блоку автоматически масштабироваться в зависимости от масштаба аннотаций видового экрана.

Разрешить расчленение (Allow Exploding): позволяет разбить блок обратно на составляющие его объекты с помощью команды EXPLODE. Рекомендуется оставлять включенным.

Единицы измерения блока (Block unit): укажите единицы измерения, в которых был создан блок.

Нажмите «ОК». Выбранные объекты исчезнут с чертежа и будут заменены вхождением блока (если не выбран пункт «Оставить»).

### **3. Вставка блока (Insert Block).**

После создания, блоки хранятся в определении чертежа и могут быть вставлены в любое место.

Вызовите команду «Вставить» (Insert):

Панель «Блок» (Block) на вкладке «Вставка» (Insert). Нажмите кнопку «Вставить» (Insert).

Команда: INSERT (или I).

Появится палитра «Блоки» (Blocks Palette) или диалоговое окно «Вставка»:

Выбор блока: выберите имя блока из списка (или перетащите его из палитры).

Точка вставки (Insertion Point): укажите точку на чертеже, куда будет вставлен блок.

Масштаб (Scale): можно задать масштаб по осям X, Y, Z. Обычно оставляют 1:1.

Поворот (Rotation): задайте угол поворота.

Нажмите «ОК». Блок будет вставлен.

#### **4. Редактирование блоков.**

Есть несколько способов редактирования блоков:

Редактирование определения блока (Block Editor):

Это основной способ изменения самого блока. Изменения, сделанные в редакторе блоков, отразятся на всех вхождениях этого блока в чертеже.

Вызов: выберите вхождение блока на чертеже, затем дважды щелкните по нему левой кнопкой мыши. Или выберите блок и нажмите кнопку «Редактор блоков» (Block Editor) на панели «Блок» (вкладка «Главная» или «Вставка»).

Откроется специальная среда «Редактор блоков». Здесь вы можете изменять графику блока, добавлять или удалять объекты, настраивать параметры.

После завершения редактирования нажмите кнопку «Закрыть редактор блоков» (Close Block Editor) и «Сохранить изменения» (Save changes).

Расчленение блока (Explode):

Команда: EXPLODE (или X).

Разбивает выбранное вхождение блока на составляющие его примитивы. Важно: это действие влияет только на выбранное вхождение, а не на определение блока. Если вы измените расчлененный блок, другие вхождения не обновятся. После расчленения объект перестает быть блоком.

Редактирование атрибутов (Edit Attributes):

Если блок содержит атрибуты, можно изменить их значения для конкретного вхождения.

Дважды щелкните по вхождению блока с атрибутами, или используйте команду EATTEDIT (или ДАТТР).

Редактирование на месте (Edit Block In-Place):

Команда: REFEDIT.

Позволяет редактировать блок прямо на чертеже, в контексте других объектов, не заходя в отдельную среду редактора блоков. Удобно для проверки сопряжения. Изменения также сохраняются в определении блока.

#### **5. Библиотеки блоков.**

Можно создавать чертежи, которые содержат только определения блоков. Такие файлы .dwg служат библиотеками блоков.

Вы можете вставлять блоки из других .dwg файлов в текущий чертеж, используя команду INSERT и указывая путь к файлу.

Эффективное использование блоков значительно ускоряет и упрощает процесс проектирования, особенно в больших и сложных проектах, а также при работе со стандартными элементами.

Нанесение размеров, текста, создание таблиц.

Точный и понятный чертеж невозможен без аннотаций – размеров, текста, выносок и таблиц. AutoCAD предоставляет мощные инструменты для создания и управления этими элементами, которые должны соответствовать стандартам (ГОСТ, СПДС).

### **1. Нанесение размеров (Dimensions).**

Размеры показывают геометрические параметры объектов. В AutoCAD есть множество типов размеров, доступных на панели «Аннотации» (Annotation) вкладки «Главная» (Home) или вкладке «Аннотации» (Annotate).

Линейный размер (Linear):

Команда: DIMLINEAR (или DLI).

Для измерения горизонтальных или вертикальных расстояний.

Укажите две точки, затем местоположение размерной линии.

Параллельный размер (Aligned):

Команда: DIMALIGNED (или DAL).

Для измерения расстояний, расположенных под углом. Размерная линия будет параллельна двум указанным точкам.

Угловой размер (Angular):

Команда: DIMANGULAR (или DAN).

Для измерения угла между двумя линиями, дугами или вершинами.

Радиусный размер (Radius):

Команда: DIMRADIUS (или DRA).

Для измерения радиуса окружности или дуги.

Диаметральный размер (Diameter):

Команда: DIMDIAMETER (или DDI).

Для измерения диаметра окружности или дуги.

Базовый размер (Baseline):

Команда: DIMBASELINE (или DBA).

Создает ряд линейных размеров, исходящих из одной и той же базовой точки.

Цепной размер (Continue):

Команда: DIMCONTINUE (или DCO).

Создает ряд линейных размеров, расположенных друг за другом, с общей продолженной размерной линией.

Стиль размеров (Dimension Style):

Команда: DIMSTYLE (или D).

Это набор настроек, определяющий внешний вид размеров (размер текста, стрелок, точность, расположение текста, цвет и т. д.).

Обязательно используйте и настраивайте стили размеров в соответствии с ГОСТом. Это обеспечивает единообразие и профессиональный вид чертежей. Можно создать несколько стилей для разных типов размеров или масштабов.

Аннотативность (Annotative): (подробнее ниже) позволяет размерам автоматически масштабироваться в зависимости от масштаба видевого экрана.

## **2. Добавление текста (Text).**

AutoCAD поддерживает два типа текстовых объектов: однострочный и многострочный.

Однострочный текст (Single Line Text):

Команда: TEXT (или DT).

Для создания коротких надписей (например, обозначения осей, номеров позиций).

Каждая строка текста является отдельным объектом.

Укажите начальную точку, высоту текста и угол поворота.

Многострочный текст (Multiline Text – MTEXT):

Команда: MTEXT (или MT).

Для создания длинных текстовых блоков (например, примечания, технические требования).

Весь текст внутри текстового поля является одним объектом.

Позволяет форматировать текст как в текстовом редакторе (шрифт, размер, выравнивание, маркированные списки).

Задайте рамку для текста, затем введите текст.

Стиль текста (Text Style):

Команда: STYLE (или ST).

Определяет шрифт, высоту, наклон, ширину символов.

Как и размеры, текст может быть аннотативным.

Мультилидер (Multileader):

Команда: MLEADER (или MLD).

Для создания выносок с текстовыми надписями, символами, блоками. Удобно для указания позиций, материалов, примечаний к элементам.

Позволяет задать стиль выноски (размер стрелки, текст).

### **3. Создание таблиц (Tables).**

Таблицы используются для организации данных, таких как спецификации, ведомости, экспликации.

Команда: TABLE (или TABLESTYLE).

Стиль таблицы (Table Style) определяет внешний вид таблицы (стили текста в ячейках, границы, цвет фона).

При создании таблицы можно задать количество строк и столбцов, их высоту и ширину.

Ячейки таблицы можно заполнять текстом, формулами, блоками.

Таблицы в AutoCAD могут быть связаны с данными из Excel или базами данных, что позволяет автоматически обновлять информацию.

### **4. Аннотативность (Annotative Objects).**

Аннотативность – это мощная функция AutoCAD, которая позволяет размерам, тексту, выноскам и другим аннотативным объектам автоматически масштабироваться при отображении на разных видовых экранах листа (Layout Viewports).

Проблема без аннотативности: если вы создали чертеж в масштабе 1:1, а затем хотите распечатать его на листе в масштабе 1:100, размеры и текст будут слишком мелкими. Приходилось создавать несколько копий размеров/текста для разных масштабов или вручную их масштабировать.

Решение с аннотативностью: вы создаете аннотативный объект (например, размер) один раз. AutoCAD автоматически корректирует его размер при отображении в видовых экранах с разным масштабом аннотаций, чтобы текст и стрелки выглядели одинаково читаемо на печати, независимо от масштаба самого чертежа.

Как это работает: для аннотативного объекта вы задаете список «доступных масштабов аннотаций». В каждом видовом экране вы устанавливаете свой «масштаб аннотаций». AutoCAD показывает аннотативные объекты только в тех видовых экранах, масштаб аннотаций которых совпадает с одним из «доступных масштабов» этого объекта.

Использование: при создании или изменении стиля размера/текста/выноски установите флажок «Аннотативный». Затем, когда вы размещаете объект, ему автоматически присваивается текущий масштаб аннотаций. Вы можете добавить или удалить масштабы для объекта через его свойства.

Использование стилей и аннотативности является ключом к созданию профессиональной, единообразной и легко управляемой документации в AutoCAD. Это позволяет сосредоточиться на геометрии в пространстве модели и не беспокоиться о масштабировании аннотаций при оформлении на листах.

### 3.5. Работа с пространствами Модели и Листа

Одной из наиболее важных концепций в AutoCAD, которая часто вызывает затруднения у новичков, является различие между пространством Модели (Model Space) и пространством Листа (Paper Space / Layout Space). Понимание и правильное использование этих двух пространств – ключ к эффективному оформлению чертежей для печати.

#### 1. Пространство Модели (Model Space).

Назначение – это основное рабочее пространство, где вы создаете всю геометрию вашего проекта в натуральную величину (масштаб 1:1) (рис. 3.2).

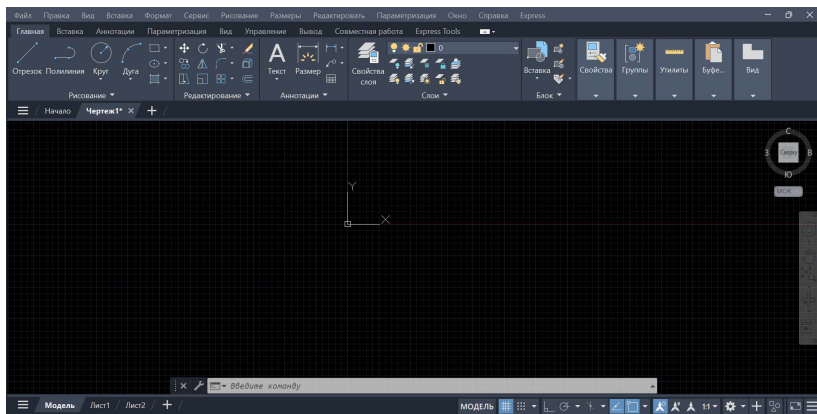


Рис. 3.2. Бесконечное пространство модели AutoCAD

#### Характеристики:

Масштаб 1:1: все объекты (стены, детали, оси, трубы) рисуются в их реальных размерах. Например, стена длиной 5 метров рисуется как 5 000 единиц (если единицы измерения миллиметры).

Бесконечное пространство: вы не ограничены размерами листа, можете рисовать как угодно далеко.

Фокус на геометрии: здесь вы сосредоточены исключительно на создании и редактировании самой модели, без учета оформления для печати.

Аннотации: аннотативные объекты (размеры, текст, выноски) также создаются в пространстве модели, но их размер будет зависеть от масштаба аннотаций, настроенного в видовом экране.

Переключение: переключиться в пространство модели можно, нажав на вкладку «Модель» (Model) в нижней части окна AutoCAD.

## 2. Пространство Листа (Paper Space / Layout Space).

Назначение: это пространство предназначено для оформления чертежей для печати. Здесь вы компоуете виды из пространства модели на печатном листе, добавляете рамки, штампы, заголовки и другую информацию, специфичную для печати.

Характеристики:

Масштаб 1:1 (для листа): в пространстве листа вы работаете с размерами самого печатного листа. Рамка и штамп рисуются в натуральную величину (например, лист A1 будет иметь размеры 841×594 мм) (рис. 3.3).

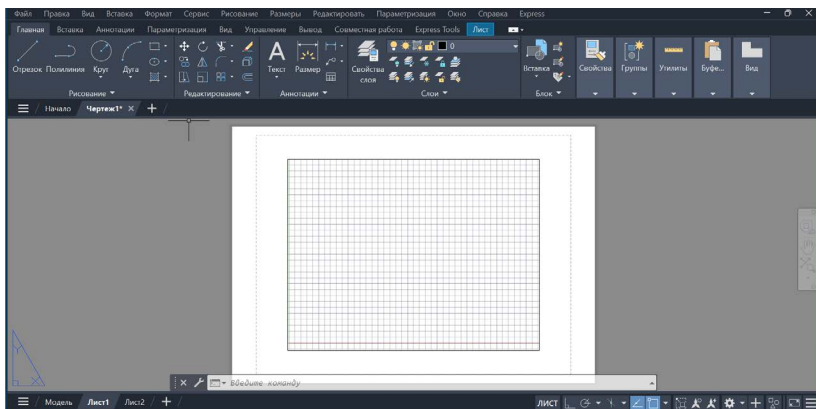


Рис. 3.3. Пространство листа AutoCAD

Видовые экраны (Layout Viewports): это окна, через которые вы «смотрите» на вашу модель, находящуюся в пространстве модели. Видовой экран – это как «окно в Модель».

Вы можете создавать несколько видовых экранов на одном листе.

Каждый видовой экран может отображать свою часть модели.

Для каждого видового экрана устанавливается свой масштаб отображения (например, 1:50, 1:100, 1:200). Именно этот масштаб определяет, насколько крупно будет выглядеть модель в данном видовом экране.

В видовом экране можно панорамировать и зумировать модель, не затрагивая масштаб.

Элементы оформления: Рамки, штампы, основные надписи, общие примечания, спецификации (если они не привязаны к модели) размещаются непосредственно в пространстве листа.

Аннотации: хотя основные аннотации создаются в пространстве модели как аннотативные объекты, в пространстве листа также можно добавлять аннотации, специфичные для конкретного листа (например, номера листов, общие заголовки).

Переключение: переключиться в пространство листа можно, нажав на одну из вкладок «Лист1» (Layout1), «Лист2» (Layout2) и т. д. в нижней части окна AutoCAD. Эти вкладки можно переименовывать и добавлять новые (рис. 3.4).

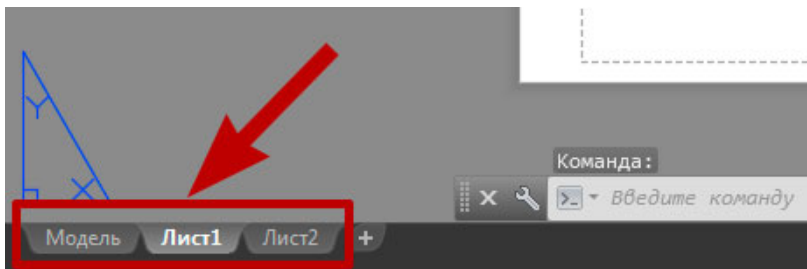


Рис. 3.4. Переключение между пространствами листов и модели

### 3. Рабочий процесс: от Модели к Листу.

Стандартный и рекомендуемый рабочий процесс в AutoCAD выглядит так:

Всегда чертите в Пространстве Модели (Model Space) в масштабе 1:1. Создавайте всю геометрию вашего проекта здесь.

Создайте все необходимые аннотативные объекты (размеры, текст, выноски) также в пространстве модели. Убедитесь, что они являются аннотативными.

Перейдите в Пространство Листа (Layout Space).

Выберите или настройте формат листа. Задайте рамку и штамп в масштабе 1:1 на этом листе.

Создайте один или несколько Видовых экранов (Viewports) на листе. Команда: VIEWPORTS (или ВЭКРАНЫ).

Активируйте каждый видовой экран (дважды щелкните внутри него). Это позволит вам «войти» в пространство модели через этот экран.

Установите необходимый масштаб отображения для каждого видового экрана. Выберите видовой экран, затем в строке состояния (или в палитре свойств) выберите нужный масштаб из списка (например, 1:100).

Отцентрируйте вид в видовом экране так, чтобы нужная часть чертежа была видна. Не используйте колесо мыши для зумирования после установки масштаба, чтобы не сбить его (используйте ZOOM, PAN или заблокируйте видовой экран).

Убедитесь, что кнопка «Масштаб аннотаций» (Annotation Scale) в строке состояния (внутри активного видового экрана) соответствует масштабу видового экрана. Это позволит аннотативным объектам отображаться правильно.

Заблокируйте видовой экран (значок замка на строке состояния), чтобы случайно не изменить его масштаб или вид.

Настройте печатаемые слои: в Диспетчере слоев для каждого слоя можно указать, будет ли он печататься в конкретном видовом экране.

#### **4. Преимущества использования Пространства Модели и Листа.**

Централизованное хранение геометрии: всегда только одна копия модели в масштабе 1:1, что исключает дублирование и несогласованность.

Гибкое оформление: возможность размещать несколько видов (планы, разрезы, узлы) с разными масштабами на одном листе.

Эффективное управление аннотациями: аннотативность автоматически масштабирует текст и размеры, избавляя от ручной подгонки.

Профессиональный вид: позволяет создавать аккуратные и стандартизированные чертежи для печати.

Освоение работы с пространствами Модели и Листа является одним из ключевых моментов в профессиональном использовании AutoCAD и существенно отличает опытного пользователя от новичка.

### 3.6. Печать чертежей

Печать чертежей – это заключительный и очень важный этап проектирования в AutoCAD. Правильная настройка печати гарантирует, что ваш чертеж будет выглядеть профессионально и соответствовать стандартам. AutoCAD предоставляет гибкие настройки для печати как из пространства Модели, так и из пространства Листа.

#### 1. Подготовка к печати: ключевые моменты.

Прежде чем приступать к печати, убедитесь, что чертеж корректно подготовлен:

Все объекты размещены на правильных слоях с соответствующими цветами, типами и толщинами линий.

Аннотации (размеры, текст, выноски) являются аннотативными и настроены на нужные масштабы (если печать ведется из пространства Листа).

Настроены стили печати (Plot Styles/CTB/STB): это набор правил, определяющих, как объекты будут выглядеть при печати (например, все тонкие линии печатаются черным цветом, а толстые – более жирным).

Для печати из Пространства Листа:

Создан лист нужного формата с рамкой и штампом.

Размещены и настроены видовые экраны (viewports) с правильными масштабами отображения.

Видовые экраны заблокированы, чтобы избежать случайного изменения масштаба.

#### 2. Вызов команды «Печать» (Plot).

Команду «Печать» можно вызвать несколькими способами:

Кнопка меню приложения (Application Button): нажмите большой красный значок «А», затем выберите «Печать» (Plot).

Панель быстрого доступа (QAT): нажмите значок принтера.

Лента: Вкладка «Вывод» (Output), панель «Печать» (Plot), кнопка «Печать» (Plot).

Комбинация клавиш: Ctrl+P.

Командная строка: Введите PLOT (или ПЕЧАТЬ).

Во всех случаях откроется диалоговое окно «Печать – Модель» (Plot – Model) или «Печать – Лист» (Plot – Layout), в зависимости от того, в каком пространстве вы находитесь. Рекомендуется всегда печатать из пространства Лист (рис. 3.5).

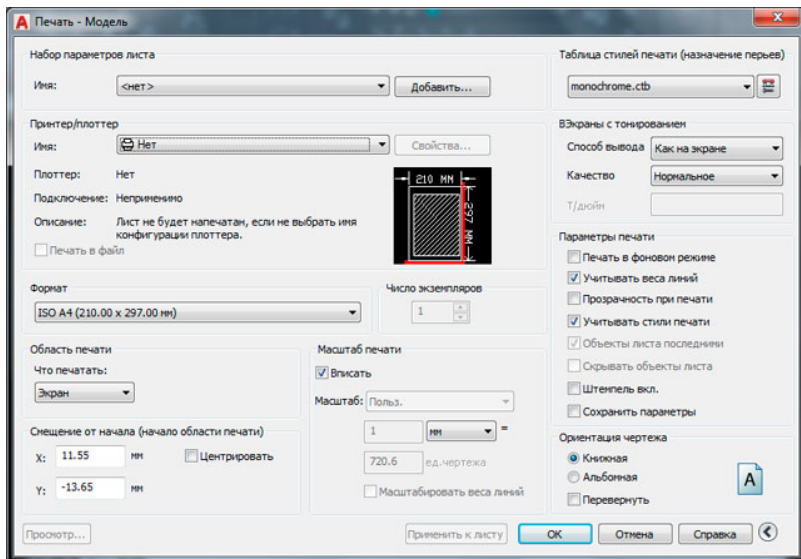


Рис. 3.5. Диалоговое окно печати

### 3. Диалоговое окно «Печать» (Plot Dialog Box).

Рассмотрим основные настройки в этом окне:

Принтер/Плоттер (Printer/Plotter):

Имя (Name): выберите принтер или плоттер, на котором будет осуществляться печать.

Можно выбрать виртуальные принтеры, такие как «DWG To PDF.pc3» (для сохранения в PDF) или «PublishToWeb JPG.pc3» (для сохранения в JPG).

Настройки листа (Paper Size):

Формат бумаги (Paper Size): выберите нужный формат листа (например, A4, A3, A1).

Ориентация чертежа (Drawing Orientation): Выберите «Книжная» (Portrait) или «Альбомная» (Landscape).

Область печати (Plot Area) определяет, какая часть чертежа будет напечатана.

Лист (Layout): (рекомендуется при печати из пространства Листа). Печатает все, что находится на текущем листе.

Границы (Extents): печатает всю область чертежа, содержащую объекты.

Рамка (Window): позволяет вручную указать рамку (два угла), какую область чертежа печатать.

Окно (Window): (чаще используется при печати из пространства Модели). Позволяет выбрать произвольную область чертежа для печати.

Масштаб печати (Plot Scale):

Для печати из Пространства Листа: масштаб всегда должен быть 1:1 (или «Без масштаба» (Scale to Fit), но лучше 1:1). Это потому, что вы уже оформили рамку и штамп на листе в натуральную величину, а масштабирование модели внутри видовых экранов уже выполнено.

Для печати из Пространства Модели (не рекомендуется): здесь вам придется вручную задавать масштаб печати (например, 1:100), чтобы чертеж поместился на листе.

Смещения печати (Plot Offset):

По центру (Center the plot): обычно эту опцию включают, чтобы чертеж был отцентрирован на листе.

Таблица стилей печати (Plot Style Table – Pen Assignments):

Определяет, как цвета, толщины линий и другие свойства объектов будут выглядеть на печати.

Монохромная печать: для большинства черно-белых чертежей используется файл .ctb под названием «monochrome.ctb». Он настроен так, что все цвета чертежа печатаются черным цветом, а толщины линий определяются по свойствам слоев или объектов.

Цветная печать: если требуется цветная печать, выберите acad.ctb или другой файл .ctb, который сохраняет цвета.

Нажмите кнопку «Редактор таблицы стилей печати» (Plot Style Table Editor) (значок ручки), чтобы настроить, как каждый цвет будет печататься (цвет печати, толщина линии, тип линии).

Параметры печати (Plot Options):

Печать толщин линий (Plot object lineweights): убедитесь, что эта опция включена, если вы хотите, чтобы толщины линий отображались на печати.

Печать со стилями печати (Plot with plot styles): если вы используете стили печати, эта опция должна быть включена.

Предварительный просмотр (Preview) позволяет увидеть, как чертеж будет выглядеть на бумаге, и избежать ненужных затрат бумаги и времени.

Кнопка «ОК» / «Применить к листу» (Apply to Layout):

После настройки всех параметров нажмите «ОК» для печати или «Применить к листу», чтобы сохранить настройки печати для текущего листа, но не печатать немедленно.

#### **4. Публикация (Publish).**

Для печати нескольких листов или сохранения их в многостраничный PDF-файл используйте команду «Публикация» (Publish).

Команда: PUBLISH (или ПУБЛИКОВАТЬ).

Открывает диалоговое окно, где вы можете выбрать, какие листы и в каком формате печатать. Позволяет создавать наборы листов и автоматизировать процесс печати.

Стили печати (Plot Styles) в AutoCAD определяют, как объекты будут выглядеть при печати. Это мощный инструмент для управления отображением чертежа на бумаге, который позволяет печатать один и тот же чертеж по-разному, не меняя его графику в пространстве модели. Существует два основных типа стилей печати: цветозависимые (CTB) и именованные (STB).

Управление отображением: позволяют печатать чертежи в черно-белом виде, даже если объекты в чертеже цветные.

Назначение толщин линий: определяют, какой толщиной будут печататься линии, независимо от того, какая толщина задана на слое или объекту в AutoCAD.

Управление штриховкой, типами линий, прозрачностью: позволяют изменять эти параметры только для печати.

Стандартизация: обеспечивают единообразное качество печати по всему проекту или организации.

*Цветозависимые стили печати (CTB – Color-Dependent Plot Styles).*

Принцип работы: в файле .ctb каждому из 255 цветов AutoCAD присваиваются определенные свойства печати (цвет печати, толщина линии, тип линии, интенсивность).

Как это работает: если вы настроили .ctb файл так, что Цвет 1 (красный) печатается черным цветом с толщиной 0,25 мм, то любой объект в чертеже, у которого цвет задан как красный (или ByLayer, а слой красный), будет напечатан черным цветом толщиной 0,25 мм.

Преимущества:

Простота: для новичков это часто более интуитивно понятно – «красное печатается так, синее – по-другому».

Широкое распространение: традиционный метод печати в AutoCAD, используемый многими организациями.

Недостатки:

Ограничение по цветам: ограничены 255 цветами AutoCAD.

Сложность при изменении цвета: если вы хотите, чтобы объект печатался по-другому, вам, возможно, придется изменить его цвет в чертеже.

Настройка:

В диалоговом окне «Печать» (Plot) в разделе «Таблица стилей печати» (Plot Style Table) выберите файл .ctb (например, monochrome.ctb).

Нажмите кнопку «Редактор таблицы стилей печати» (Plot Style Table Editor) (значок ручки).

В редакторе вы увидите список цветов. Для каждого цвета вы можете задать:

Цвет (Color): цвет, которым будет печататься объект (например, Black для монохромной печати).

Толщина линии (Lineweight): Толщина линии при печати.

Тип линии (Linetype): Тип линии (например, сплошная, пунктирная).

Конец (End Style), Соединение (Join Style), Заливка (Fill Style): Дополнительные параметры.

Осветление (Dither), Оттенки серого (Grayscale): Управление освещением или печатью в оттенках серого.

Прозрачность (Transparency): Настройка прозрачности.

*Именованные стили печати (STB – Named Plot Styles).*

Принцип работы: Вы создаете произвольные именованные стили печати (например, «Тонкая линия», «Толстая линия», «Осевая линия»), а затем назначаете эти стили объектам или слоям в чертеже, независимо от их цвета.

Как это работает: вы создаете стиль печати «Толстая линия», который печатается толщиной 0,5 мм. Затем вы назначаете этот стиль печати слою «Стены», независимо от того, какого цвета объекты на слое «Стены».

Преимущества:

Большая гибкость: не привязаны к цветам. Можно назначать один и тот же стиль печати объектам разных цветов.

Лучше для совместной работы: если вы работаете с несколькими слоями, которые имеют одинаковый цвет, но должны печататься по-разному, STB позволяют это сделать.

Современный подход: рекомендуется для новых проектов.

Недостатки:

Сложнее для новичков: требует дополнительной настройки и понимания.

Менее распространены: если ваша организация традиционно использует СТВ, переход может быть затруднителен.

Настройка:

Чтобы переключить чертеж на использование STB, нужно использовать команду CONVERTPSTYLES. AutoCAD предложит создать файл .stb.

Затем в диалоговом окне «Печать» выберите файл .stb.

Нажмите кнопку «Редактор таблицы стилей печати». В редакторе вы создадите новые именованные стили и настраиваете их свойства.

Для назначения стиля печати объекту или слою:

Для слоя: в Диспетчере свойств слоев (команда LAYER) появится колонка «Стиль печати» (Plot Style). Выберите нужный стиль для каждого слоя.

Для объекта: выберите объект, откройте Палитру свойств (Properties Palette – Ctrl+1), в разделе «Стиль печати» выберите нужный стиль.

*Какой тип использовать?*

Большинство существующих проектов и многие организации в Беларуси и России до сих пор используют СТВ-файлы, так как это был исторически основной метод печати.

STB-файлы предлагают большую гибкость и считаются более современным и логичным подходом, особенно для больших и сложных проектов, где важна строгая стандартизация по функциям объектов, а не по их цветам.

Вы не можете использовать СТВ и STB одновременно в одном чертеже.

Независимо от выбранного типа, стили печати являются критически важным компонентом для получения высококачественных чертежей. Освойте их настройку, чтобы ваши чертежи всегда выглядели безупречно на печати.

Печать чертежей – это процесс, требующий внимательности. Регулярная практика и использование предварительного просмотра помогут вам уверенно работать с этим функционалом AutoCAD.

## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ В ArchiCAD

### 4.1. Запуск программы и интерфейс

После установки программы вы найдете ярлык для ее запуска на рабочем столе или в меню «Пуск». Двойной щелчок по нему откроет ArchiCAD. При первом запуске программа может предложить вам выбрать профиль рабочей среды или подтвердить лицензионное соглашение. На начальном этапе можно принять настройки по умолчанию. После непродолжительной загрузки перед вами откроется главное окно программы. Скорее всего, вы увидите диалоговое окно «Начать работу» или «Стартовый экран», где можно создать новый проект, открыть существующий файл или выбрать недавно редактировавшийся. Для начала создадим совершенно новый проект, выбрав соответствующий шаблон, например, «Пустой проект» или «Шаблон по умолчанию». Это чистое поле для нашего будущего здания (рис. 4.1).

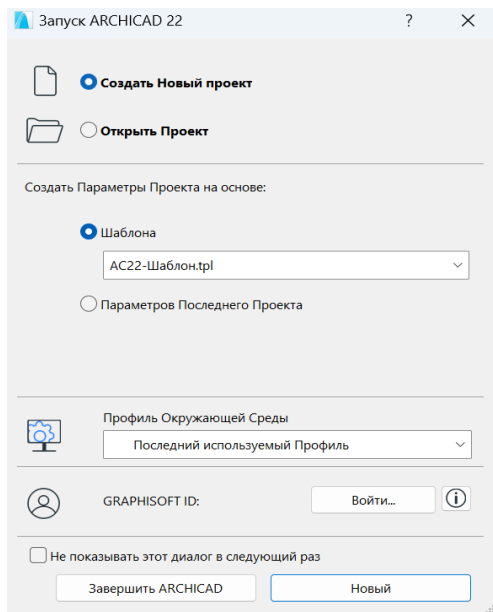


Рис. 4.1 Окно запуска нового проекта

Теперь давайте внимательно изучим, из каких основных частей состоит интерфейс ArchiCAD. Центральную и большую часть окна занимает так называемая Рабочая область или область чертежа. Это бесконечное виртуальное пространство, ваш цифровой кульман, где вы будете размещать все элементы проекта: стены, перекрытия, окна, мебель и многое другое. Над рабочей областью расположена строка заголовка, которая отображает название программы и текущего проекта. Непосредственно под ней находится одна из ключевых панелей – Панель меню. Здесь сгруппированы все команды программы в виде классических выпадающих меню: «Файл», «Правка», «Вид», «Документ», «Дизайн», «Инструменты», «Окно», «Справка». Каждое меню содержит десятки пунктов, и мы будем постепенно знакомиться с самыми важными из них (рис. 4.2).

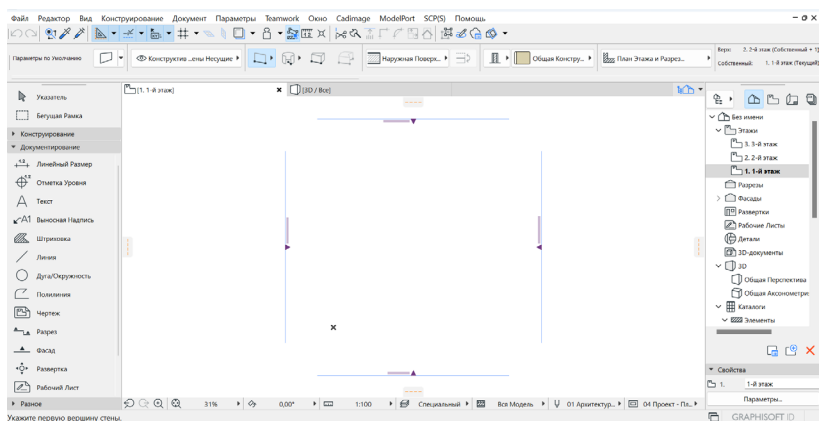


Рис. 4.2. Интерфейс программы ArchiCAD (версия 22)

Сразу под панелью меню, как правило, располагается Панель инструментов. Она содержит кнопки для быстрого доступа к наиболее часто используемым командам, таким как «Сохранить», «Открыть», «Вырезать», «Копировать», «Вставить», «Отменить» и «Повторить». Внешний вид и состав этой панели можно настраивать, но базовый набор остается неизменным. Еще ниже часто находится Контекстная панель инструментов. Это динамическая панель, содержимое которой меняется в зависимости от того, какой инструмент выбран в данный момент. Например, если вы активируете инструмент «Стена», на этой панели появятся настройки типа стены, ее высоты, толщины, материала

ла и другие параметры. Эта панель критически важна, так как позволяет гибко управлять свойствами создаваемых элементов.

Слева от рабочей области вы увидите Панель навигатора. Это своего рода пульт управления всем проектом. В навигаторе организована древовидная структура, включающая в себя все этажи здания (этажи называются «Этажи»), виды в плане, разрезы, фасады, 3D-виды, макеты для печати и списки (например, ведомости окон и дверей). С помощью навигатора вы можете быстро переключаться между разными представлениями вашего проекта. Щелкнув по пункту «1-й этаж», вы попадете в план этого этажа. Двойной щелчок по «Разрез 1» откроет окно с этим разрезом. Навигатор – это карта вашего виртуального здания, и умение им пользоваться значительно ускоряет работу (рис. 4.3).

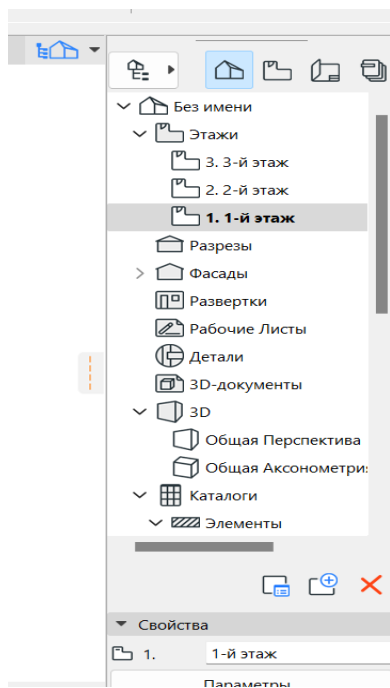


Рис. 4.3. Навигатор проекта

Под панелью навигатора или рядом с ней обычно расположена Панель инструментов проекта. Это, пожалуй, самая важная панель для

проектировщика. Здесь представлены все основные инструменты для создания элементов здания. Инструменты сгруппированы по категориям. Вы найдете инструменты для построения строительных элементов: стена, колонна, балка, перекрытие, крыша, сетка, лестница. Отдельно представлены инструменты для установки окон, дверей и объектов (например, мебель или сантехника). Есть инструменты для аннотаций: размеры, тексты, метки, штриховки. И, конечно, инструменты для черчения: линии, дуги, полилинии, сплайны. Активация любого инструмента осуществляется простым щелчком по его значку на этой панели.

Справа от рабочей области часто располагается Панель информации. Это многофункциональная панель, которая отображает свойства и параметры выбранного элемента. Если вы кликните на стену в проекте, на панели информации появятся все ее редактируемые характеристики: геометрические размеры, положение в пространстве, материал, несущая способность и другие. Панель информации тесно связана с контекстной панелью инструментов и позволяет производить тонкую настройку уже существующих в проекте объектов.

В самом низу окна программы находится Строка состояния. Это информационная панель, которая в реальном времени отображает подсказки, координаты курсора, текущий масштаб чертежа, единицы измерения и другие служебные данные. Когда вы наводите курсор на какой-либо инструмент, в строке состояния появляется краткое описание его функции. При выполнении команд там же отображаются инструкции о дальнейших действиях (например, «Укажите начальную точку стены»). Не стоит игнорировать эту строку, особенно на начальном этапе – она является хорошим помощником.

Отдельно стоит упомянуть систему плавающих палитр. Некоторые панели, такие как «Палитра слоев», «Палитра заливок», «Менеджер свойств», могут быть либо прикреплены (закреплены) к краям окна, либо открыты в виде отдельных плавающих окон. Это позволяет гибко организовать рабочее пространство под свои нужды. Например, вы можете вынести палитру слоев в центр экрана для удобства, а после работы снова закрепить ее.

И последний, но не менее важный элемент – это область 3D-навигации. Хотя основная работа часто ведется в планах, ArchiCAD является полноценной 3D-средой (рис. 4.4).

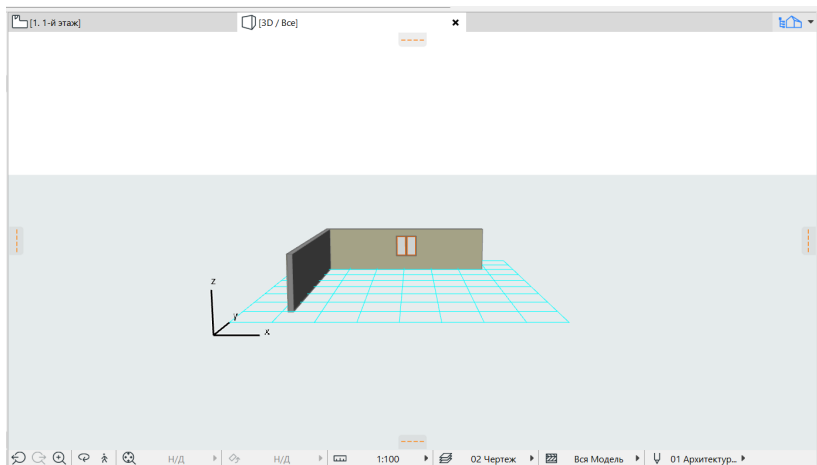


Рис. 4.4. 3D-вид в ArchiCAD

Вы в любой момент можете посмотреть на свою модель в трехмерном виде. Для этого используется либо отдельное окно 3D-вида, которое можно открыть через навигатор, либо встроенный механизм 3D-навигации в окне плана. Вращать, приближать и перемещаться по 3D-модели можно с помощью мыши в сочетании с клавишами-модификаторами (чаще всего это клавиша Shift или пробел).

## 4.2. Координационные оси и уровни

Координационные оси – это условные линии, которые проходят через основные несущие конструкции здания. Они служат отправной точкой для привязки всех элементов: стен, перекрытий, колонн, окон. Главная цель их создания – обеспечить точность и согласованность. Когда все элементы проекта привязаны к единой системе осей, вы гарантированно избежите ошибок, когда стена не стыкуется с перекрытием или окно «уплывает» от заданного положения.

Работа с осями в ArchiCAD начинается с их размещения. Вы выбираете соответствующий инструмент и наносите первую ось, обычно вертикальную. Программа автоматически присваивает ей номер или буквенное обозначение, например, «1» или «А». Далее, вы создаете параллельные оси с заданным шагом. Здесь крайне важно использовать возможности шаблона или сетки, а также инструменты множе-

ственного копирования или массива, чтобы обеспечить равномерность и точность разбивки. Шаг между осями не случаен – он определяется конструктивной схемой здания, модулем, на котором основано проектирование, например, кратностью 300 или 600 миллиметрам. После создания вертикальных осей аналогичным образом наносятся горизонтальные, формируя сетку. Места пересечения этих линий становятся узловыми точками, к которым вы в дальнейшем будете привязывать углы зданий, центры колонн и другие критически важные элементы.

Но оси – это не просто линии. Каждая ось обладает набором свойств, которые необходимо настроить (рис. 4.5).

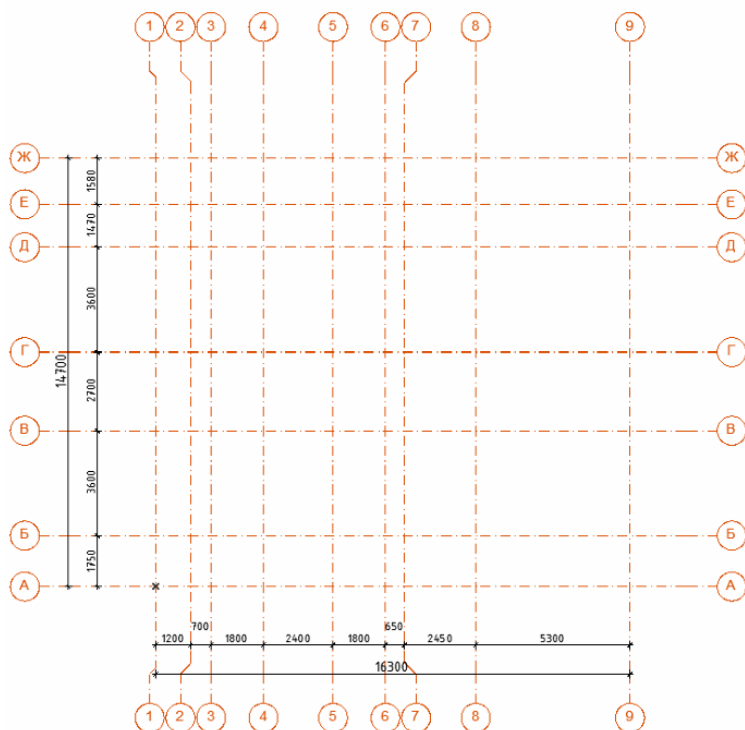


Рис. 4.5. Построение осей

Вы можете изменить ее тип линии, цвет, видимость на разных этажах и в разных масштабах. Особое внимание стоит уделить системе

обозначений. Оси должны быть подписаны. Обычно вертикальные оси обозначаются цифрами, а горизонтальные – буквами алфавита, хотя возможны и иные комбинации. Важно, чтобы эти обозначения были читаемыми, не перекрывались другими элементами и отображались на всех необходимых видах: планах, разрезах, фасадах. ArchiCAD позволяет гибко управлять этими параметрами: вы можете настроить, где именно будет находиться маркер с номером оси, как он будет поворачиваться, будет ли отображаться круг или другой элемент вокруг номера. Создание четкой, хорошо организованной сетки осей – это половина успеха в построении точной и легко редактируемой модели.

Теперь перейдем ко второму ключевому понятию – уровням, или, как они часто называются в ArchiCAD, этажам. Если координационные оси организуют проект в горизонтальной плоскости, то уровни делают это в вертикальной. Уровень – это не только «этаж» в бытовом понимании. Это условная горизонтальная плоскость, которая имеет определенную отметку относительно нулевой точки, обычно принимаемой за уровень чистого пола первого этажа. Каждый уровень содержит свою информацию: план этажа, размещенные на этой высоте стены, перекрытия, оборудование. Без правильно настроенных уровней невозможно построить корректную трехмерную модель, так как программа не будет понимать, на какой высоте относительно земли располагается тот или иной элемент.

Настройка уровней начинается с диалогового окна «Этаж». Здесь вы создаете перечень всех уровней вашего здания: от подвала и технического подполья до чердака и кровли. Для каждого уровня задается абсолютная отметка, то есть его высота от условного нуля, например, от уровня моря или, что более распространено в проектной практике, от отметки чистого пола первого этажа, которая принимается за 0.000. Кроме абсолютной отметки, задается высота этажа – расстояние от уровня чистого пола данного этажа до уровня чистого пола следующего. Это ключевой параметр, который определяет, как высоко будут автоматически подниматься стены, созданные на этом уровне. Важно понимать разницу: отметка уровня – это его положение в пространстве, а высота этажа – это параметр, влияющий на геометрию создаваемых на этом уровне вертикальных элементов.

Работа с уровнями требует методичности. Обычно процесс начинается с создания уровня первого этажа. Затем, зная высоту этажа, вы создаете уровень второго, третьего и так далее. Но уровни нужны не только для основных этажей. Вы создадите отдельные уровни для

фундамента, для парапетов на крыше, для подвесных потолков, если их нужно детально моделировать. Каждому такому уровню присваивается понятное имя, например, «01. Первый этаж», «Кровля», «Фундаментная плита». Это значительно упрощает навигацию по сложному проекту. Кроме того, в свойствах уровня можно задать связанные конструкции, например, указать, какое перекрытие является для него несущим, или настроить отображение проекционной тени для видов с данного уровня.

Синергия осей и уровней создает трехмерную координатную сетку, своеобразный «скелет» вашего здания. Любой элемент, который вы размещаете в модели – будь то стена, колонна или лестница – имеет координаты в этой системе. Например, вы можете точно указать, что несущая колонна располагается на пересечении оси «З» и оси «В» и привязана к уровню «Фундамент», а ее верх привязан к уровню «Второй этаж». Эта привязка не статична. Если вы, отладив конструктив, решите сместить ось «З» на 50 сантиметров, все элементы, жестко привязанные к ней, сместятся автоматически, сохраняя целостность и логику конструкции. То же самое произойдет, если вы скорректируете отметку какого-либо уровня – все стены, начинающиеся или заканчивающиеся на этом уровне, изменят свою высоту соответственно.

Таким образом, грамотная настройка системы координационных осей и уровней – это не предварительная формальность, а глубоко продуманный стратегический этап. Он закладывает основу для эффективной командной работы, когда разные специалисты (архитекторы, конструкторы, инженеры) работают над одной моделью, используя общую систему координат. Это основа для автоматической генерации разрезов и фасадов, где программа точно «знает», как связаны между собой элементы на разных этажах. Это, наконец, залог точности при подготовке рабочей документации, где каждая размерная цепочка должна быть выверена и однозначна. Потратив время в начале проекта на тщательную и аккуратную разбивку осей и настройку уровней, вы сэкономите огромное количество сил и нервов на последующих этапах, когда модель станет сложной и насыщенной.

### **4.3. Моделирование несущих и ограждающих конструкций**

Несущие конструкции – это те элементы здания, которые воспринимают и передают на фундамент все нагрузки: вес самих конструкций, мебели, оборудования, людей, а также снеговые и ветровые воздействия. К ним относятся фундаменты, колонны, балки, плиты пере-

крытий и несущие стены. Их основная функция – обеспечить прочность и устойчивость сооружения на протяжении всего срока его службы. Ограждающие конструкции, в свою очередь, отделяют внутреннее пространство здания от внешней среды или одно помещение от другого. Их ключевые задачи – защита от атмосферных воздействий (дождя, ветра, холода, жары), обеспечение звукоизоляции и формирование собственно архитектурного объема. К ограждающим конструкциям относятся наружные стены, перегородки, конструкции крыши, окна и двери. Важно отметить, что многие элементы, такие как наружные стены, часто совмещают и несущую, и ограждающую функции, что требует особого внимания при их моделировании.

Работа в ArchiCAD начинается с правильной настройки и понимания инструментов. Для моделирования стен, будь то несущие или не-несущие, используется инструмент «Стена». Его панель настроек является вашей главной командной панелью для определения сущности конструкции. Первый и самый важный шаг – выбор или создание сложной структуры стены через диалоговое окно «Настройки составных структур». Здесь вы не просто задаете толщину стены, а конструируете ее буквально слой за слоем. Для несущей стены это может быть: внутренняя штукатурка, несущий слой из кирпича или железобетона, слой эффективного утеплителя, вентилируемый зазор, наружная облицовка. Для внутренней перегородки структура будет проще: гипсокартонные листы, металлический каркас, звукоизоляционный материал. Каждому слою вы присваиваете не только толщину, но и материал, что критически важно для последующего получения ведомостей, расчета теплотерь и визуализации. ArchiCAD позволяет задавать материалы с реалистичными текстурами и физическими свойствами.

При непосредственном рисовании стен на плане необходимо строго следить за геометрией примыканий. Несущие стены должны образовывать жесткий, связанный контур. Инструменты привязки и специальные методы построения, такие как «Полигон» или «Прямоугольник», помогают создавать точные геометрические формы (рис. 4.6).

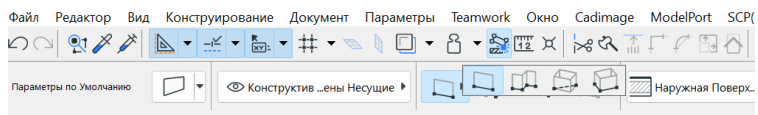


Рис. 4.6. Инструмент «Стена»

Особое внимание уделяется узлам примыкания стен друг к другу и к колоннам. В ArchiCAD существует мощный механизм обработки таких соединений, который автоматически корректирует отображение слоев в месте стыка, однако для его корректной работы необходимо изначально правильно задать приоритеты соединения для разных типов стен в их настройках. Это предотвращает появление графических ошибок на чертежах, когда, например, штукатурный слой одной стены некорректно перекрывает несущий слой другой (рис. 4.7).

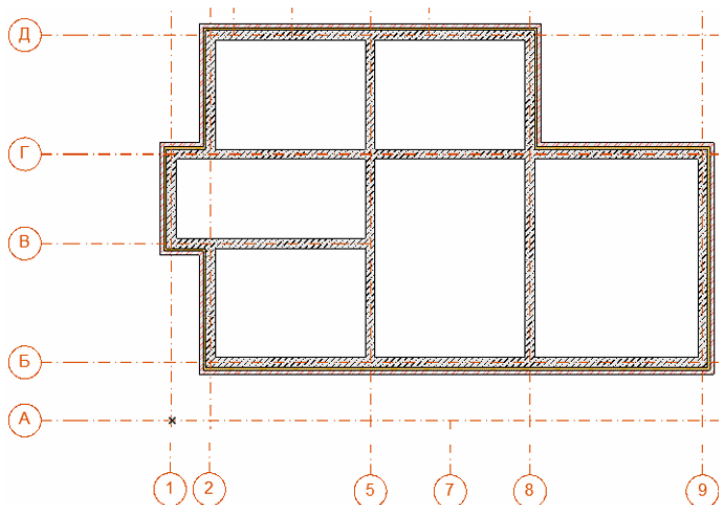


Рис. 4.7. Построение стен

Моделирование перекрытий, являющихся горизонтальными несущими конструкциями, осуществляется с помощью одноименного инструмента. Подход здесь схож со стенами: вы создаете составную структуру, где могут быть слои бетона, утеплителя, стяжки, напольного покрытия. Ключевой момент при работе с перекрытиями – правильное позиционирование их по высоте относительно этажа и опирающихся на них стен. В ArchiCAD используется понятие «этаж» с заданной высотой, и каждый элемент имеет параметры высоты размещения и толщины. Перекрытие должно корректно опираться на несущие стены или балки. При рисовании перекрытия часто удобно использовать метод «волшебной палочки» по контуру комнат, образованному сте-

нами, что гарантирует точное соответствие границ. Не забывайте о создании отверстий в перекрытиях для лестниц, лифтовых шахт и инженерных коммуникаций, для чего в ArchiCAD есть специализированные инструменты.

Колонны и балки моделируются соответствующими инструментами. Колонна, как вертикальный несущий элемент, может иметь разнообразное сечение – прямоугольное, круглое, сложной формы. В ее настройках, помимо геометрии, также задается материал (железобетон, металл, дерево) и высота, привязываемая к уровням этажей. Балки, работающие на изгиб, используются для перекрытия пролетов между колоннами или стенами. Важным аспектом является создание узлов сопряжения балок с колоннами и стенами, где ArchiCAD также предлагает средства для автоматической или ручной регулировки соединений. При моделировании каркасной системы необходимо добиться четкой передачи нагрузок по цепочке: перекрытие -> балки -> колонны -> фундамент, что в цифровой модели отражается в логической и геометрической связанности этих элементов.

Отдельно стоит рассмотреть моделирование фундаментов. В ArchiCAD для этого можно использовать несколько инструментов в зависимости от типа фундамента: инструмент «Балка» для ленточных фундаментов, инструмент «Плита» для фундаментных плит, инструмент «Стена» для стен подвала, если они совмещают функции. При создании ленточного фундамента необходимо точно следовать контуру несущих стен, располагая его под ними. Глубина заложения, ширина подошвы и другие параметры задаются в настройках геометрии элемента. Фундаментная плита создается аналогично перекрытию, но с соответствующей структурой слоев (бетонная подготовка, гидроизоляция, сама плита).

Не менее важной частью работы является создание ограждающих конструкций, которые не несут нагрузку, но завершают здание. Это, прежде всего, наружные ненесущие стены (например, навесные фасадные панели) и внутренние перегородки. При их моделировании акцент смещается с прочностных характеристик на тепловые и акустические. В структуре такой стены решающую роль играют слои утеплителя и воздушные прослойки. В ArchiCAD вы можете не только визуализировать эти слои, но и, используя встроенные или созданные вами базы материалов, рассчитать общее термическое сопротивление конструкции, что является необходимым для соблюдения строительных норм по энергоэффективности.

Оконные и дверные проемы являются неотъемлемой частью как несущих, так и ограждающих конструкций. В ArchiCAD они вставляются не как простые отверстия, а как интеллектуальные объекты в уже нарисованные стены. При вставке окна или двери стена автоматически корректирует свою геометрию, формируя корректный проем. Для этих объектов задается не только размер и форма рамы, но и структура заполнения (например, стеклопакет), порог, наличие и расположение створок. Особенно важно правильно задать положение объекта в толще стены относительно внутренней и внешней плоскостей, так как это влияет на отображение на разрезах и фасадах, а также на расчеты площадей.

Завершая моделирование конструкций целостную, информационно-насыщенную трехмерную модель. Ее огромное преимущество в том, что любое изменение, внесенное, например, в толщину несущей стены на плане, автоматически отразится на всех разрезах, фасадах, 3D-видах и даже в спецификациях. Это принцип виртуального здания (BIM), лежащий в основе ArchiCAD.

#### **4.4. Работа с проемами: окна и двери**

В ArchiCAD окна и двери представляют собой сложные, параметрические, интеллектуальные элементы, которые автоматически взаимодействуют со стенами, в которые они вставлены. Это ключевое отличие от простых линий или блоков. Когда вы вставляете окно в стену, программа автоматически создает в ней проем нужного размера, корректно отображает откосы, подоконники, возможно, четверти, и обновляет все связанные разрезы и фасады. Это избавляет вас от рутинной работы по вычерчиванию контуров и обеспечению согласованности чертежей.

Прежде чем приступить к размещению, необходимо понять, как выбрать нужный элемент из библиотеки. ArchiCAD поставляется с обширной встроенной библиотекой, содержащей сотни типов окон и дверей, от стандартных прямоугольных до арочных, от современных панорамных до традиционных с разделенными переплетами. Вы найдете их на панели инструментов или через меню «Дизайн». Открыв диалоговое окно настроек элемента, вы попадаете в своеобразный командный центр для работы с этим объектом. Здесь все параметры сгруппированы логично: геометрия, параметры рамки и створок, материалы, графическое отображение на чертежах.

Геометрические параметры – это основа. Вы можете задать ширину, высоту, высоту подоконника от уровня пола или от отметки этажа. Для дверей критически важна высота порога. Обратите особое внимание на привязку к уровню. ArchiCAD позволяет жестко зафиксировать нижнюю или верхнюю кромку элемента относительно конкретной строительной отметки, что гарантирует точность при работе со сложными многоуровневыми проектами. Например, вы можете задать, чтобы подоконник всех окон на этаже был на высоте 900 мм от чистого пола, и тогда, даже если вы измените отметку пола, окна автоматически подстроятся под новый уровень.

Далее идут параметры рамы и створок. Для окна вы можете определить количество створок, их тип: глухие, поворотные, откидные, раздвижные. Можно настроить ширину профиля рамы, глубину посадки в стену, наличие и размеры импостов (рис. 4.8).

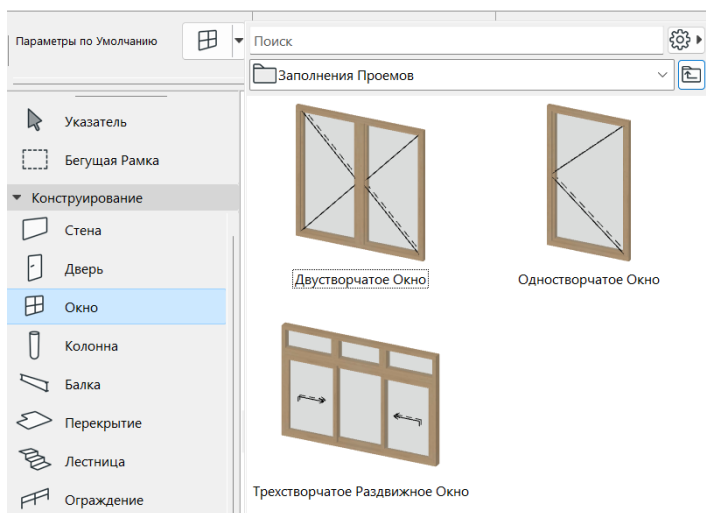


Рис. 4.8. Вставка оконных проемов в ArchiCAD

Для дверей выбирается тип полотна: одностворчатое, двустворчатое, с фрамугой, и направление открывания – внутрь или наружу, левое или правое. Все эти параметры не только влияют на вид в 3D, но и на обозначения на планах, где стрелкой указывается направление открывания двери.

Отдельного внимания заслуживают материалы. Каждому компоненту окна или двери – раме, стеклу, дверному полотну – можно присвоить конкретный материал из библиотеки материалов ArchiCAD. Это не только цвет заливки. Материалы несут информацию о текстуре, отражающей способности, прозрачности, что кардинально влияет на реалистичность 3D-визуализаций и даже на светотехнический анализ. Правильно назначенные материалы помогут отличить деревянную раму от пластиковой или алюминиевой как на плане, так и в перспективном виде.

Теперь о самом процессе размещения. Выбрав инструмент «Окно» или «Дверь», вы подводите курсор к стене. Программа показывает предварительный контур элемента. Важно использовать средства привязки: к середине стены, к пересечениям, к специальным направляющим. Это обеспечивает точное позиционирование. При размещении двери особенно важно учитывать логику помещения: дверь не должна «бить» по сантехнике или мебели, а ее открывание должно обеспечивать комфортный проход. После размещения элемент можно легко перемещать вдоль стены, просто перетаскивая его, а также вращать, чтобы, например, разместить дверь на скошенном участке стены.

Но что делать, если в библиотеке нет окна нужной формы? ArchiCAD предлагает мощный инструмент – создание окон и дверей по контуру. Вы можете начертить произвольный замкнутый контур, например, арочный или треугольный, и затем с помощью специальной команды преобразовать его в оконный или дверной объект. Промануться с размером тоже не страшно. Все параметры элемента остаются редактируемыми после размещения. Двойной клик по объекту на плане или выбор его и нажатие кнопки настроек откроет уже знакомое диалоговое окно, где вы можете изменить любой параметр, и изменения мгновенно отразятся во всех связанных видах.

Особую роль играет отображение на чертежах разного масштаба. В настройках вы можете определить, как элемент будет выглядеть на плане масштаба 1:100, и как, например, на 1:20. На общем плане дверь может показываться простым контуром со стрелкой, а на крупном узле – со всеми деталями рамы, уплотнителями, слоями дверного полотна. Это управляется через настройки графики и стилей элементов.

Работа с проемами не заканчивается на их создании. Важно научиться их копировать, тиражировать и выравнивать. Представьте, что вам нужно разместить одинаковые окна с равным шагом по длинному фасаду. Для этого можно использовать инструмент «Вставить

несколько копий» с заданным интервалом или мощный инструмент «Виртуальный след», который позволяет растянуть сетку из окон на нужное расстояние. Это экономит огромное количество времени и гарантирует геометрическую точность.

Наконец, нельзя забывать о разрезах и фасадах. Поскольку окна и двери – интеллектуальные элементы, при создании разреза через здание они автоматически будут отображены корректно: с видимыми переплетами, толщиной стекла, деталями примыкания к стене. Если вы измените тип окна на плане, оно автоматически обновится на всех фасадах и разрезах.

#### **4.5. Создание крыши и завершающих элементов здания**

Крыша – это сложная система, которая решает множество задач: отводит дождевую и талую воду, противостоит ветровым и снеговым нагрузкам, обеспечивает теплоизоляцию и формирует ключевой архитектурный образ всего сооружения. В ArchiCAD работа с крышами построена на мощном и гибком инструментарии, который позволяет моделировать практически любые, даже самые сложные формы. Основным инструментом здесь является инструмент «Крыша». Важно понимать, что крыша создается по контуру, подобно стене или перекрытию, но обладает своей уникальной геометрией, определяемой углом наклона скатов.

Перед началом рисования крыши необходимо тщательно подготовиться. Во-первых, убедитесь, что стены верхнего этажа полностью замкнуты в единый контур – это будет основа для вашей крыши. Во-вторых, продумайте концепцию: какая у вас будет крыша – односкатная, двускатная, вальмовая, шатровая или сложная комбинированная? От этого зависит стратегия построения. Начнем с простой двускатной крыши. Выберите инструмент «Крыша» на панели инструментов. В появившемся диалоговом окне настроек вы увидите множество параметров. Ключевые из них – это угол наклона ската, толщина конструкции крыши (которая может состоять из несущей части, утеплителя, обрешетки и кровельного материала), а также высота расположения базовой линии крыши относительно текущего этажа.

Далее, используя метод рисования, аналогичный рисованию стен, вы создаете один скат крыши. Для этого нужно провести линию вдоль одной из сторон здания. Эта линия будет коньком или краем ската. После создания первого ската, создайте второй, симметричный ему, с

другой стороны здания. ArchiCAD автоматически обработает пересечение этих двух плоскостей, создав конек. Обратите особое внимание на волшебные маркеры и узловые точки, которые появляются у созданного элемента. Перетаскивая их, вы можете менять уклон, протяженность и форму ската. Важно помнить, что крыша должна правильно опираться на несущие стены. Для этого используется параметр «Базовая линия» и ее смещение. Часто нижняя грань (обрез) крыши выносится за пределы контура стен для создания карнизного свеса, который защищает фасад от стекающей воды.

Для создания более сложных крыш, например, вальмовых, где есть не только продольные, но и торцевые скаты, используется подход с созданием нескольких плоскостей крыши, которые затем объединяются. Вы рисуете отдельные скаты для каждого фасада, тщательно следя за тем, чтобы их боковые края пересекались под правильными углами. ArchiCAD обладает функцией автоматического соединения и подрезки элементов крыши, что значительно упрощает эту работу. После создания всех основных плоскостей, используйте инструменты редактирования, такие как «Подрезка крыши контуром» или «Объединение крыш», чтобы получить аккуратные пересечения и ендовы (внутренние углы соединения скатов).

Отдельно стоит рассмотреть создание мансардных крыш, где скаты являются одновременно и стенами жилого помещения. Здесь критически важна точная настройка высоты и угла наклона, чтобы обеспечить комфортную высоту помещения. В таких случаях часто используется комбинация инструментов «Крыша» и «Стена», где нижняя часть мансарды моделируется как наклонная стена, а верхняя – как скат крыши. Не забывайте сразу назначать соответствующие строительные материалы слоям крыши в ее настройках – это понадобится для корректных расчетов теплопотерь и создания реалистичных визуализаций.

После того как основная форма крыши готова, необходимо добавить завершающие элементы. К ним относятся, во-первых, парапеты и ограждения по периметру плоских участков или у конька. Для их создания можно использовать инструмент «Стена» с соответствующим профилем или специализированный инструмент «Ограждение». Во-вторых, это водосточная система. Хотя детализированные желоба и трубы часто добавляются на этапе детализации, уже на стадии эскизного проекта стоит наметить их расположение, используя линии или простые объемы. В-третьих, это дымоходы, вентиляционные шахты и мансардные окна. Для их интеграции в скат крыши в ArchiCAD есть

блестящий инструмент «Объект отверстия в крыше». Вы просто размещаете объект (например, окно) на скате, и программа автоматически создает корректный вырез и сопряжение с кровлей, учитывая наклон (рис. 4.9).

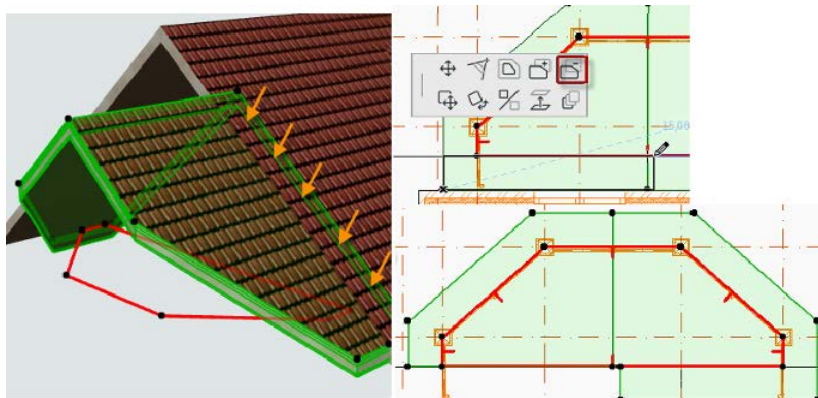


Рис. 4.9. Построение крыши

Еще один важнейший завершающий элемент – это карнизный свес и подшивка. Часто для их моделирования используется комбинация инструментов. Сам свес формируется на этапе рисования крыши путем выноса ее базовой линии. А вот подшивку, или софит, удобно создавать с помощью тонкого перекрытия или специального профиля, который прикрепляется к нижней части стропильной системы. Не забудьте и о таких деталях, как снегозадержатели на скатах, которые можно смоделировать с помощью линейных объектов.

Завершая работу над крышей, всегда проводите контрольную проверку. Воспользуйтесь разрезом через здание, чтобы убедиться, что все элементы соединяются правильно, нет щелей или нестыковок. Проверьте, как крыша отображается на всех необходимых видах: на поэтажных планах (где обычно показывается ее проекция), на фасадах и, конечно, в 3D-окне.

## 4.6. Организация внутреннего пространства

Организация внутреннего пространства, или пространственное планирование, – это процесс распределения площадей и объемов здания в соответствии с его назначением, технологическими требованиями и потребностями будущих пользователей. В контексте работы в ArchiCAD это означает, что вы будете учиться не просто рисовать стены и расставлять окна, а мыслить трехмерно, создавая виртуальную модель, где каждая комната, коридор или лестничный пролет имеют четкое обоснование и связаны друг с другом логичной и удобной системой коммуникаций.

Вы должны четко понимать, для кого и для чего проектируется здание. Будет ли это жилой дом для семьи, учебный корпус, офисное здание или больница? Каждая из этих функций диктует абсолютно разные требования к пространству. Вам необходимо изучить и зафиксировать так называемую функционально-технологическую схему. Проще говоря, вам нужно определить, какие помещения необходимы, как они связаны между собой потоками людей, материалов или информации, и какие особые условия в них должны быть соблюдены. Например, в квартире кухня должна иметь удобную связь со столовой зоной и входом для заноса продуктов, а в клинической лаборатории должен быть обеспечен строгий последовательный маршрут движения проб, исключаяющий их пересечение. Эту схему вы можете сначала набросать на бумаге в виде простых кружков и соединяющих их линий, что поможет структурировать ваши мысли.

Именно с этого аналитического этапа и начинается ваша работа в ArchiCAD.

Основным средством организации пространства являются, конечно, стены. Выбирая тип стены из библиотеки или настраивая свой, вы сразу закладываете в модель ее физические свойства. Очень важно на начальном этапе правильно задать сетку координат и привязок, чтобы точно позиционировать стены относительно друг друга, создавая четкие геометрические привязки и соблюдая заданные размеры помещений.

После того как основные несущие и перегородочные стены выстроены, формируется так называемая планировочная структура – каркас из помещений. На этом этапе ArchiCAD позволяет вам не просто видеть набор линий, а сразу работать с комнатами как с объектами. Инструмент «Зона» является одним из важнейших для организации про-

странства. Создавая зоны, вы назначаете каждому помещению имя, номер, функциональное назначение, коэффициент площади и другие атрибуты. Это превращает вашу графику в структурированные данные. Вы можете мгновенно получать ведомости площадей, что критически важно для соблюдения нормативов. Вы увидите, как площадь каждой комнаты отображается прямо на плане, и сможете оперативно корректировать планировку, если какое-то помещение вышло слишком большим или слишком маленьким.

Организация пространства неразрывно связана с обеспечением движения людей – с коммуникациями. Лестницы, лифты, коридоры, входные узлы – это кровеносная система здания. В ArchiCAD вы моделируете лестницы с учетом количества ступеней, высоты подступенка и ширины проступи, создавая не только графический образ, но и корректный трехмерный объект для последующего анализа. Коридоры должны проектироваться с учетом их пропускной способности и требований эвакуации. Здесь на помощь приходят инструменты для создания разрезов и 3D-видов, которые позволяют оценить не только планировочное, но и объемное решение этих элементов.

Одновременно с планировкой вы должны думать о вертикальных связях и разрезах. Пространство развивается не только в горизонтальной плоскости, но и по высоте. Многоуровневые пространства, вторые светы, антресольные этажи, изменение уровней пола – все это мощные средства архитектурной выразительности и функционального зонирования. В ArchiCAD вы работаете на так называемых этажах, которые представляют собой горизонтальные срезы здания. Вы можете легко копировать и модифицировать планировки с этажа на этаж, а также создавать разрезы в любом месте модели, чтобы сразу видеть, как увязаны между собой помещения на разных уровнях, как работают лестничные марши и где проходят балки перекрытий.

Неотъемлемой частью внутреннего пространства являются свет и вид. Расположение, размер и форма окон и дверей определяют инсоляцию помещений, их визуальную связь с внешним миром и внутренние перспективы. В ArchiCAD вы вставляете окна и двери как параметрические объекты прямо в стены, и программа автоматически создает соответствующие проемы. Вы можете экспериментировать с их размерами и расположением, быстро оценивая результат в 3D-окне. Помните, что окно – это не просто проем в стене, а рамка, через которую жители здания будут смотреть на мир, и источник, формирующий световой рисунок в интерьере.

Наконец, организация пространства включает в себя и предварительное размещение внутреннего оборудования и мебели. Это помогает оценить реальную функциональность помещений, расставить акценты и проверить эргономику. Библиотека ArchiCAD содержит огромное количество параметрических объектов – от сантехнических приборов и кухонных гарнитуров до офисных столов и медицинского оборудования. Расставляя их, вы наполняете абстрактные зоны жизнью, проверяете удобство расстановки, достаточность пространства для открывания дверей и прохода людей.

Важнейшим преимуществом работы в ArchiCAD на этапе организации пространства является возможность постоянного, практически мгновенного контроля и визуализации. Вы проектируете в единой информационной модели. Это означает, что любое изменение на плане автоматически отражается на разрезах, фасадах, 3D-видах и в ведомостях. Вы можете создать несколько вариантов планировочного решения и быстро переключаться между ними, сравнивая их преимущества и недостатки. Вы можете пройти по спроектированным помещениям в режиме виртуальной прогулки, чтобы почувствовать пропорции, масштаб и последовательность раскрытия пространств на себе.

#### **4.7. Разрез и фасад: контроль модели**

Фасад – это ортогональная проекция внешней стороны здания на вертикальную плоскость. Проще говоря, это вид на здание спереди, сбоку или сзади, лишенный перспективных искажений. Фасад показывает нам внешний облик сооружения: расположение окон и дверей, отделочные материалы, этажность, архитектурные элементы вроде карнизов и пилястр. Однако фасад – это лишь «кожа» здания, его внешняя оболочка. Чтобы понять внутреннее устройство, нам необходим разрез. Разрез – это условное изображение здания, мысленно рассеченного вертикальной или, реже, горизонтальной плоскостью. Вертикальный разрез подобен хирургическому срезу, который показывает, что находится внутри: высоту этажей, толщину перекрытий, конструкцию лестниц, расположение внутренних стен и перегородок, высоту помещений. Именно разрез раскрывает «анатомию» здания, его конструктивную и планировочную суть.

Теперь принципиально важно понять философию работы в ArchiCAD, которая коренным образом отличает эту программу от старых, чисто чертежных систем. В ArchiCAD вы работаете не с набором

разрозненных линий и условных обозначений, а с единой виртуальной моделью здания, так называемой BIM-моделью (Building Information Modeling). Это означает, что, когда вы создаете стену в плане, вы создаете не просто два параллельных отрезка, а трехмерный объект с заданной высотой, толщиной, материалом и другими свойствами. Эта же стена автоматически появляется и в трехмерном окне, и на всех фасадах, и во всех разрезах. Следовательно, разрез и фасад в ArchiCAD – это не самостоятельные чертежи, которые нужно рисовать с нуля. Это специальные окна-проекции, «виртуальные камеры», которые смотрят на вашу модель и автоматически генерируют плоское изображение на основе трехмерных данных.

Этот подход кардинально меняет процесс контроля модели. Раньше ошибка, допущенная на плане, могла остаться незамеченной на фасаде, пока чертежник не нанесет его вручную. В ArchiCAD все связано. Если вы изменили высоту окна на плане или в трехмерном окне, это изменение мгновенно отразится на всех связанных фасадах и разрезах. Таким образом, контроль модели становится непрерывным и комплексным. Вы не проверяете отдельные чертежи на согласованность, вы проверяете целостность единой информационной модели. Основная задача проектировщика сводится к тому, чтобы правильно настроить эти «виртуальные камеры» – разрезы и фасады – и аккуратно доработать автоматически сгенерированную графику, доведя ее до стандартов оформления чертежа.

Давайте рассмотрим практические шаги по созданию и настройке таких окон. Для создания нового разреза вы используете инструмент «Разрез», расположенный на панели инструментов. После его активации вам необходимо на плане этажа провести линию, которая и будет определять плоскость разреза. Важно продумать ее расположение: разрез должен проходить через наиболее информативные участки здания – через лестничную клетку, санитарные узлы, через помещения сложной формы. После размещения линии у вас появится маркер разреза и его обозначение. Двойной щелчок по этому маркеру откроет новое окно с самим разрезом. Изначально вы увидите «сырое» изображение: все элементы модели, попавшие в секущую плоскость и расположенные за ней, будут показаны с базовыми настройками. Здесь начинается этап контроля и редактирования.

Первое, что нужно сделать, – это настроить параметры отображения разреза в диалоговом окне «Масштаб и чертежные виды». Вы задаете масштаб, например, 1:50 или 1:100, и программа автоматически

регулирует толщину линий, размеры штриховок, отступы. Затем вы переходите к тонкой настройке с помощью меню «Вид» и его фильтров. Вы можете управлять видимостью слоев, показывать или скрывать определенные категории элементов, например, мебель или элементы ландшафта, которые могут загромождать чертеж. Очень мощным инструментом контроля является настройка графики пересечений. Вы можете указать, как должна отображаться стена, разрезанная плоскостью, – с какой штриховкой, с какой толщиной контурной линии. Отдельно настраивается графика элементов, находящихся за секущей плоскостью, – они обычно показываются более тонкими линиями.

Аналогичным образом создаются и фасады. Инструмент «Фасад» позволяет разместить на плане направляющую линию, которая определяет, с какой стороны мы смотрим на здание. Открыв окно фасада, вы выполняете те же операции по настройке масштаба, фильтрации элементов и графики. Особое внимание на фасадах уделяется отображению материалов и текстур, которые задаются свойствам стен, крыш и других элементов еще на этапе их моделирования. Контроль здесь заключается в проверке корректности отображения этих материалов, правильности примыканий различных конструкций, отсутствия графических конфликтов.

Однако автоматически созданный разрез или фасад редко является готовым чертежом. Часто требуется добавить размеры, высотные отметки, текстовые пояснения, выноски. Для этого в окнах разрезов и фасадов доступны все те же инструменты аннотаций, что и на плане: инструменты размеров, текста, линий, штриховок. Вы можете добавлять уровни этажей с числовыми отметками, что критически важно для разрезов. Можно вручную дорисовать элементы, которые не были смоделированы в 3D, но должны присутствовать на чертеже, используя простые графические инструменты. При этом важно помнить, что эти аннотации «привязаны» к данному конкретному виду. Они не появятся автоматически на плане или в другом разрезе, что логично, так как это информация, специфичная для данного чертежного листа.

Главный принцип контроля модели через разрезы и фасады – это итеративность. Вы создаете разрез, изучаете его, обнаруживаете несоответствие: например, высота оконного проема на разрезе не соответствует вашему замыслу или балка перекрытия конфликтует с вентиляционным коробом. После этого вы не исправляете линии на самом разрезе (это было бы грубой ошибкой, нарушающей принцип единой модели), а возвращаетесь в окно плана или 3D-вида и вносите измене-

ния в саму модель – перемещаете стену, редактируете параметры окна, меняете уровень перекрытия. Затем снова возвращаетесь к разрезу и обновляете его. Программа перестроит вид с учетом всех внесенных изменений. Этот цикл «проверка-правка модели-обновление вида» повторяется до тех пор, пока все проекции не будут точно отражать ваш замысел и не станут полностью согласованными друг с другом.

#### **4.8. Вывод на печать и спецификации**

Для начала вам необходимо создать новый макет-лист. Вы выбираете его размер и ориентацию. Важно понимать, что сам макет-лист всегда отображается в масштабе 1:1, то есть в его реальных физических размерах. На этот лист вы помещаете так называемые «окна чертежей». Окно чертежа – это живая ссылка на определенный вид. Вы можете создать окно, например, плана первого этажа. Это окно вы размещаете на листе, задаете ему нужный масштаб отображения, например, 1:100, и обрамляете рамкой. Прелесть этого подхода в его параметричности. Если вы внесете изменения в модель самого здания – добавите стену или измените размер окна – то все связанные окна чертежей на всех макет-листах обновятся автоматически. Вам не нужно будет вручную перерисовывать десятки листов.

При размещении чертежей на листе необходимо руководствоваться требованиями стандартов и здравым смыслом. Чертежи должны быть читаемыми, не перегруженными информацией. Между разными окнами чертежей должно оставаться достаточно свободного пространства для размерных линий, выносок и надписей. Часто на один лист помещают несколько связанных видов: например, план этажа и его фрагмент в увеличенном масштабе, или несколько фасадов одного здания. Все элементы на листе, включая рамку и штамп, являются объектами ArchiCAD, которые можно редактировать. Штамп, или основная надпись, обычно содержит такую информацию, как название проекта, адрес объекта, имя архитектора, дату, масштаб и стадию проектирования. Вы можете использовать стандартные штампы, входящие в библиотеку ArchiCAD, или создать собственный, соответствующий стандартам вашей организации.

После того как все необходимые листы скомпонованы, наступает этап непосредственно печати или публикации. ArchiCAD предлагает гибкие настройки вывода. Вы можете отправить на печать как весь набор листов, так и выборочно. Важно правильно настроить драйвер

принтера или плоттера, выбрать качество печати, цветовую гамму (цветную, черно-белую или в оттенках серого). Однако в современной практике физическая печать на бумаге часто уступает место электронному документообороту. Поэтому функция «Публикация» становится ключевой. Она позволяет экспортировать ваш комплект чертежей в единый многостраничный PDF-файл, в серию файлов формата DWG или DXF для коллег, работающих в AutoCAD, или даже в набор растровых изображений, например, в формат PNG или JPEG. При публикации в PDF вы можете задать параметры сжатия, защиту документа паролем, а также включить в файл все слои и закладки для удобной навигации по большому документу.

Теперь давайте перейдем ко второй, не менее важной части нашей темы – созданию спецификаций. Если чертежи показывают геометрию и расположение элементов, то спецификации дают о них точную количественную и качественную информацию. В строительстве без спецификаций невозможно определить объем материалов, составить смету и организовать снабжение объекта. В ArchiCAD процесс создания спецификаций в значительной степени автоматизирован, что является одним из его самых мощных преимуществ.

В основе автоматизированного подсчета лежит информация, заложенная в каждый строительный элемент модели. Когда вы рисуете стену, вы назначаете ей не только геометрические параметры (толщину, высоту), но и материал (кирпич, бетон, гипсокартон). Когда вы вставляете окно или дверь, библиотечный элемент уже содержит данные о модели, производителе, материале рамы и створок, типе стеклопакета. Все эти данные являются атрибутами объектов. Для извлечения и суммирования этой информации в ArchiCAD существует мощный инструмент – «Менеджер списков», который в более поздних версиях программы называется «Менеджер отчетов».

Работа со спецификациями начинается с создания шаблона отчета. Вы решаете, какую информацию хотите получить. Допустим, вам нужна ведомость окон. Вы создаете новый список и выбираете критерии: программа будет искать все объекты в проекте, которые принадлежат к категории «Окно». Затем вы настраиваете таблицу выходных данных. Вы определяете, какие столбцы должны быть в этой таблице: например, «Марка окна», «Размер (ширина x высота)», «Количество», «Примечание». Каждый столбец привязывается к определенному параметру библиотечной части или элемента модели. После запуска расчета ArchiCAD просканирует всю модель, найдет все окна, отсортирует

ет их по заданным параметрам, посчитает количество одинаковых и сформирует аккуратную таблицу.

Важнейшее достоинство этой системы – ее динамическая связь с моделью. Если в процессе доработки проекта вы удалите одно окно и добавите два других, вам не нужно будет вручную пересчитывать ведомость. Достаточно обновить соответствующий список, и он мгновенно отразит все изменения. Таким образом, вы можете создавать самые разные отчеты: ведомости дверей, ведомости отделки помещений (с подсчетом площадей стен, полов, потолков по типам отделки), ведомости железобетонных конструкций с подсчетом объема бетона, спецификации мебели и оборудования, и даже просто список всех используемых в проекте материалов с их общим объемом или площадью.

Готовые спецификации, как и чертежи, необходимо размещать на макет-листах для печати. Список, созданный в Менеджере списков, можно поместить на лист в виде таблицы. Эта таблица также является живым объектом. При обновлении исходных данных в модели и последующем обновлении списка, таблица на макет-листе изменится автоматически. Это гарантирует абсолютную согласованность между графической частью проекта и текстовой (табличной).

## **5. ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ (BIM)**

### **5.1. Концепция и стандарты BIM**

Традиционное двухмерное или даже трехмерное моделирование в САПР создает набор геометрических примитивов – линий, окружностей, объемов. Эти объекты несут в себе преимущественно графическую информацию. Информационная модель здания кардинально меняет парадигму. Здесь каждый элемент – будь то стена, колонна, окно или воздуховод – является интеллектуальным объектом, обладающим не только формой и размерами, но и целым набором атрибутивных данных. То есть стена в BIM – это не просто параллелепипед, это объект, который знает, из какого материала он состоит, каковы его тепло-технические характеристики, огнестойкость, стоимость, срок изготовления и даже информация о производителе. Таким образом, BIM представляет собой не просто модель, а структурированную базу данных о будущем объекте, которая эволюционирует на всех стадиях его жизненного цикла.

Концепция BIM базируется на нескольких взаимосвязанных принципах. Первым и основополагающим является принцип единой и согласованной модели. В идеале весь проект существует в виде одной централизованной модели, доступ к которой имеют все участники процесса: архитекторы, конструкторы, инженеры по отоплению, вентиляции и водоснабжению, сметчики, технологи. Это исключает появление противоречивых чертежей и версий, когда архитектор изменил форму здания, а конструктор об этом не узнал.

Второй ключевой принцип – это параметрическое моделирование. Все объекты в модели связаны между собой логическими зависимостями. Например, если изменить уровень этажа, все стены, опирающиеся на него, автоматически изменят свою высоту, а окна и двери в этих стенах останутся на своих местах относительно пола. Это кардинально повышает скорость внесения изменений и их точность.

Третий принцип – это управление информацией на протяжении всего жизненного цикла объекта. BIM-модель не заканчивает свое существование после сдачи объекта в эксплуатацию. Она превращается в цифровой двойник здания, который используется для управления эксплуатацией, планирования ремонтов, мониторинга энергоэффективности и даже для демонтажа или реконструкции. Информация, заложенная на этапе проектирования, становится основой для принятия решений десятилетия спустя. И, наконец, важнейшим принципом является совместная работа. Современные BIM-проекты редко ведутся одним человеком или даже одной организацией. Поэтому технологии BIM предусматривают механизмы для разделения модели на дисциплинарные части, их параллельной разработки и последующей интеграции с автоматической проверкой на коллизии – то есть на пересечения, когда, например, воздуховод проходит сквозь несущую балку.

Реализация этих принципов на практике была бы хаотичной без системы стандартов. Стандарты BIM определяют правила игры: что считать моделью, как ее структурировать, как называть элементы, как обмениваться данными и как измерять уровень зрелости процесса. В международной практике базовым стандартом является серия ISO 19650, озаглавленная «Организация и оцифровка информации о строительных объектах и гражданско-инженерных сооружениях, включая информационное моделирование зданий». Этот стандарт описывает не технические аспекты программ, а управленческие процессы: как организовать информационные потоки, как назначить ответственность за данные, как планировать информационную поставку на раз-

ных стадиях проекта. Он фокусируется на общей методологии, что делает его применимым в любой стране.

Для инженера-строителя, работающего в Беларуси, помимо международных норм, крайне важны национальные стандарты и документы. В Республике Беларусь ведется активная работа по внедрению BIM-технологий в проектно-строительную отрасль. Ключевым документом является Технический кодекс установившейся практики ТКП EN 17412-1-2021, который является аналогом европейского стандарта и определяет уровни детализации информационной модели. Этот кодекс вводит понятие «Уровня Информационного Развития», которое характеризует степень насыщенности модели негеометрическими данными на разных этапах. Например, на этапе эскизного проекта модель может иметь только общую геометрию и базовые данные о материалах, а на этапе рабочей документации каждый элемент должен быть детализирован до уровня спецификации, содержащей конкретные марки изделий, производителей и стоимость. Кроме того, в Беларуси разрабатываются и внедряются отраслевые классификаторы строительной информации, которые унифицируют наименования материалов, конструкций и работ. Это необходимо для того, чтобы сметные расчеты, выполненные на основе BIM-модели, могли быть интегрированы в государственную систему ценообразования и экспертизы.

Отдельно следует рассмотреть стандарты, регулирующие форматы обмена данными. Поскольку над моделью работают разные специалисты в разных программных средах, критически важным становится вопрос совместимости. Исторически сложившимся и наиболее распространенным открытым форматом для обмена BIM-данными является IFC. Данный формат, разрабатываемый международной организацией buildingSMART, позволяет передавать между программами не только геометрию, но и семантику объектов – то есть их смысловую нагрузку. Работа с IFC-файлами является обязательным навыком для современного проектировщика. Помимо открытых форматов, существуют и проприетарные стандарты, связанные с конкретными программными платформами, однако тенденция в мире и в Беларуси направлена на приоритет использования открытых и нейтральных форматов данных для обеспечения долгосрочной сохранности информации и независимости от конкретного вендора.

Внедрение BIM-стандартов в практику белорусского строительного проектирования – это не техническая прихоть, а насущная необходимость. Это инструмент повышения конкурентоспособности, сокраще-

ния сроков строительства, снижения стоимости и, что самое главное, повышения качества и надежности возводимых объектов. Стандарты создают ту самую общую среду, в которой архитектор из Минска, конструктор из Гомеля и инженер-сантехник из Бреста могут эффективно работать над одним проектом, минимизируя ошибки и потери информации. Понимание концепции BIM и ее стандартов является теперь не дополнительной компетенцией, а базовым требованием к современному инженеру-строителю, который намерен проектировать эффективно, точно и в ногу со временем. Эта технология постепенно становится новой нормой, и ее основы должны быть твердо усвоены на этапе обучения, чтобы в дальнейшем применять их в реальной проектной деятельности, отвечающей как национальным, так и международным требованиям.

## 5.2. Структура и компоненты BIM-модели

Фундаментальным компонентом, базовым кирпичиком любой BIM-модели, является информационно насыщенный элемент. Под элементом понимается цифровой аналог реального строительного изделия или конструкции. Например, это не просто прямоугольник, обозначающий стену, а объект «стена», который знает, из какого материала он сделан – будь то кирпич, пенобетонные блоки или монолитный железобетон. Этот объект обладает такими атрибутами, как несущая способность, коэффициент теплопроводности, огнестойкость, стоимость, масса, производитель и даже ссылка на техническую документацию. То же самое относится к балкам, колоннам, окнам, дверям, элементам систем вентиляции и канализации. Каждый из них – это контейнер данных, поведение и графическое отображение которого определяются заложенными в него правилами и параметрами.

Эти элементы организуются в модель по определенным принципам, формируя ее логическую структуру. Одним из ключевых принципов является иерархия и группировка по системам и дисциплинам. Как правило, модель разделяется на так называемые «рабочие наборы» или «дисциплинарные модели». Архитектурная модель содержит стены, перекрытия, крыши, окна, двери, элементы отделки. Конструкторская модель включает в себя фундаменты, колонны, балки, плиты, арматурные каркасы – все, что обеспечивает прочность и устойчивость здания. Модель внутренних инженерных систем объединяет сети водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции и кондиционирования. Модель электрических систем и слаботочных сетей охватывает

силовое электрооборудование, освещение, системы безопасности и связи. Такое разделение позволяет разным специалистам – архитекторам, конструкторам, инженерам-проектировщикам – работать параллельно над своими разделами, но при этом в рамках единой координационной среды.

Следующим критически важным компонентом, скрепляющим все эти элементы и дисциплины воедино, является пространственная привязка и система координат. Вся BIM-модель строится в единой трехмерной системе координат. Это означает, что каждая колонна, каждая труба, каждая розетка имеют свои точные координаты X, Y и Z. Такая привязка позволяет не только визуально совмещать модели разных дисциплинарных разделов, но и автоматически проверять их на коллизии – пространственные пересечения, когда, например, воздуховод проходит сквозь несущую балку или электрический кабель пересекается с трубой отопления. Без единой координатной основы эффективная координация проекта была бы невозможна.

Помимо трехмерной геометрии и семантических данных, неотъемлемой частью структуры BIM-модели является временное измерение, часто называемое 4D-моделированием. Этот компонент связывает элементы модели с календарным графиком строительства. Каждой строительной операции, будь то монтаж колонны первого этажа или прокладка трубопровода на четвертом, назначается сроки начала и окончания. В результате модель обретает динамику, позволяя визуализировать процесс строительства поэтапно, выявлять логистические конфликты, оптимизировать использование кранов и другой техники, а также планировать поставки материалов точно к моменту их монтажа. Для белорусских строителей, работающих в условиях часто жестких сроков и необходимости эффективного использования ресурсов, этот аспект BIM представляет огромную практическую ценность.

Еще одним измерением, тесно интегрированным в структуру модели, является финансово-экономическое, или 5D-моделирование. Поскольку каждый элемент модели уже содержит атрибуты, такие как материал, тип, производитель, к нему может быть привязана стоимость – как удельная, так и общая. При любом изменении в модели, будь то замена типа окон или увеличение толщины утеплителя, смета может обновляться автоматически. Это дает возможность проводить оперативный стоимостной анализ различных проектных решений, контролировать бюджет на ранних стадиях и минимизировать финансовые риски, связанные с неточностями в традиционных сметных расчетах.

Важно отметить, что структура BIM-модели подразумевает также наличие такого компонента, как классификация и кодирование элементов. Для унификации и эффективного обмена информацией элементы модели должны соответствовать определенным стандартам классификации. В мировой практике широко используются системы вроде OmniClass или UniClass. В Республике Беларусь также ведется работа по адаптации и внедрению классификаторов строительной информации. Использование единых классификационных кодов позволяет однозначно идентифицировать элемент не только в рамках одного проекта, но и в масштабах всей отрасли, что важно для формирования каталогов типовых узлов, ведения государственных реестров и статистики.

Нельзя говорить о структуре, не упомянув такое понятие, как уровень детализации или уровень развития модели, часто обозначаемый аббревиатурой LOD (рис. 5.1).

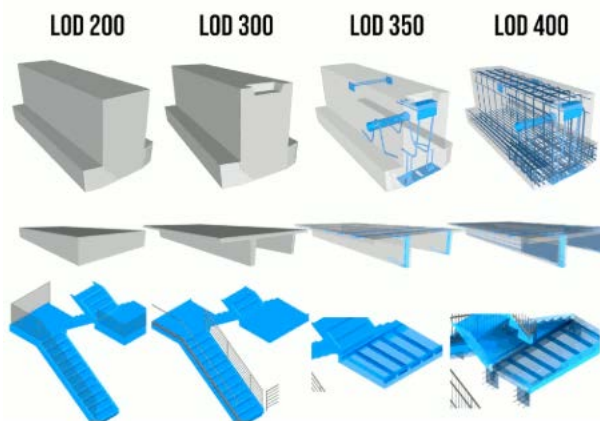


Рис. 5.1. Уровни детализации LOD

На разных стадиях проекта – от концепции до рабочей документации и эксплуатации – к модели предъявляются разные требования по глубине проработки. На начальном этапе стена может быть представлена просто как общий объем без указания слоев. На стадии рабочего проектирования та же стена должна быть смоделирована как многослойная конструкция с точным указанием материалов, толщин, отделки и привязкой к конкретным изделиям-прототипам. Управление

уровнем детализации – это осознанный процесс, который позволяет не перегружать модель избыточной информацией на ранних этапах и гарантировать ее достаточную полноту на этапах реализации.

Таким образом, структура BIM-модели представляет собой сложную, но стройную систему. Ее основу составляют интеллектуальные параметрические элементы, сгруппированные по дисциплинарным признакам в едином координатном пространстве. Эти элементы несут в себе исчерпывающую информацию о геометрии, материалах, свойствах, стоимости и временных параметрах. Вся эта информация структурирована, классифицирована и развивается по мере продвижения проекта.

### **5.3. Процесс совместной работы в BIM-среде**

Основой процесса совместной работы в BIM является концепция единой информационной модели, или, точнее, единого источника достоверной информации. Это не означает, что существует один гигантский файл, в котором все одновременно правят свои разделы. На практике модель чаще всего является федеративной, то есть состоит из ряда взаимосвязанных моделей-дисциплин: архитектурной, конструктивной, моделей инженерных систем. Однако все эти модели координируются и согласуются между собой в едином цифровом пространстве. Для этого используется общая среда данных, которая может быть реализована в виде централизованного сервера, облачного хранилища или специализированной платформы для совместной работы. Каждый специалист вносит свой вклад в свою часть модели, но при этом он всегда видит актуальные изменения, внесенные коллегами, что позволяет своевременно выявлять и устранять конфликты, например, когда воздуховод проходит сквозь несущую балку или розетка оказывается на месте будущего сантехнического стояка.

Ключевым элементом организации совместной работы является четкое определение и распределение ролей, зон ответственности и уровней доступа. В начале проекта создается так называемый план выполнения BIM, который является руководящим документом. В нем прописываются все аспекты: какие программные платформы будут использоваться, какие стандарты и классификаторы применяются, как организована структура файлов и папок, как часто происходит координация моделей, кто и за какую часть информации отвечает. Например, архитектор отвечает за пространственно-планировочные решения,

габариты помещений, отделки. Конструктор – за несущие элементы, их размеры, марки бетона. Инженер по электроснабжению – за трассировку кабелей, расположение щитов и оборудования. При этом архитектор не может произвольно изменить сечение колонны, а инженер – перенести стену, так как это зоны ответственности других специалистов. Система контроля версий и разграничения прав доступа обеспечивает порядок и предотвращает хаотичные изменения.

Процесс совместной работы носит циклический и итеративный характер. Он не является линейным, а состоит из регулярно повторяющихся этапов: создание или изменение модели дисциплины, публикация этих изменений в общую среду, координация и проверка на коллизии, согласование и решение выявленных проблем, после чего цикл повторяется. Эти циклы, часто называемые координационными совещаниями или сессиями, могут быть еженедельными или приуроченными к ключевым этапам проекта. Современные BIM-платформы предоставляют инструменты для автоматизированного обнаружения коллизий, когда программа сама находит геометрические пересечения элементов из разных моделей. Это освобождает инженеров от рутинной визуальной проверки и позволяет сосредоточиться на содержательном анализе и поиске оптимальных решений. Найденные конфликты оформляются как задачи с назначением ответственного и срока исполнения, что обеспечивает прозрачность и управляемость процессом.

Важнейшим аспектом является управление изменениями. В любом проекте изменения неизбежны. В BIM-среде любое изменение, внесенное одним участником, например, смещение перегородки архитектором, автоматически влияет на смежные разделы. Система уведомляет заинтересованных лиц о таком изменении. Инженер по вентиляции увидит, что воздуховод теперь проходит через новое расположение стены, и должен будет скорректировать свою трассу. Это требует высокой дисциплины и культуры взаимодействия. Все решения об изменениях должны документироваться, а их причины и последствия – обсуждаться командой. Такой подход минимизирует риски дорогостоящих ошибок на стройплощадке, когда «как выяснилось» разные системы претендуют на одно и то же физическое пространство.

Совместная работа в BIM не ограничивается только этапом проектирования. Одним из мощнейших преимуществ методологии является вовлечение в процесс заказчика, подрядчика, эксплуатирующую организацию и других стейкхолдеров. Заказчик может в режиме реального

времени визуализировать проект, вносить свои пожелания на ранних стадиях, когда их реализация наименее затратна. Подрядчик, используя модель, может выполнять более точный расчет объемов работ, планировать закупки материалов, логистику и строительно-монтажные работы, вплоть до использования модели для точной разметки на объекте с помощью электронных тахеометров. Это направление известно как BIM 4D, когда к трехмерной модели привязывается календарный график строительства, и BIM 5D, когда модель интегрируется со сметными расчетами. Таким образом, совместная работа расширяется во времени, охватывая весь жизненный цикл объекта, от концепции до сноса, и в пространстве, объединяя всех ключевых участников.

Для успешной реализации такого сложного процесса необходима не только технологическая, но и организационно-управленческая зрелость коллектива. Это требует пересмотра многих устоявшихся бизнес-процессов, инвестиций в обучение персонала, выработки новых протоколов взаимодействия. Часто возникает необходимость в новой роли – BIM-менеджера или координатора, который не занимается непосредственно проектированием, а обеспечивает бесперебойную работу BIM-среды, следит за соблюдением стандартов, организует координационные совещания и решает технические вопросы взаимодействия между программными пакетами разных производителей. Его задача – сделать так, чтобы технология стала прозрачным и эффективным инструментом в руках проектировщиков, а не дополнительным источником проблем.

#### **5.4. Внедрение BIM в проектные организации**

Внедрение технологий информационного моделирования зданий в практику белорусских проектных организаций представляет собой комплексный и многогранный процесс, требующий не только технической перестройки, но и глубоких изменений в управленческих, кадровых и даже правовых аспектах деятельности. Этот путь от единичных экспериментов к системному использованию BIM в повседневной проектной и строительной практике является стратегическим направлением развития отрасли в Республике Беларусь. Успех этого перехода зависит от понимания специфики национального контекста, включающего существующую нормативную базу, сложившиеся бизнес-процессы, уровень подготовки специалистов и готовность рынка к восприятию новых подходов.

Исторически проектирование в Беларуси, как и во многих странах постсоветского пространства, долгое время базировалось на классической двухмерной документации. Это сформировало устойчивые цепочки взаимодействия между заказчиком, проектировщиком, экспертизой и строительной организацией. BIM-технологии ломают эту линейную парадигму, предлагая модель, основанную на едином источнике информации об объекте на всем его жизненном цикле. Поэтому первым и, возможно, самым значительным барьером на пути внедрения становится необходимость трансформации этих устоявшихся процессов. Проектная организация, решившаяся на переход к BIM, должна начинать не с покупки программного обеспечения, а с аудита своих внутренних процедур. Необходимо проанализировать, как происходит обмен информацией между архитекторами, конструкторами и инженерами, как согласуются изменения, как формируется итоговая проектная документация. Только на основе этого анализа можно выстроить новую, эффективную схему работы, где цифровая информационная модель становится центральным элементом, а не просто приложением к традиционным чертежам.

Критически важным аспектом является кадровый вопрос. BIM – это не только новые инструменты, это, в первую очередь, новая философия проектирования. Сотрудники, блестяще владеющие AutoCAD для создания 2D-чертежей, не могут автоматически стать компетентными BIM-менеджерами или BIM-координаторами. Требуется планомерное обучение, которое должно охватывать несколько уровней. На начальном уровне необходимо обучить рядовых проектировщиков работе в конкретных BIM-платформах, таких как Revit, ArchiCAD или отечественные аналоги. Но этого недостаточно. На следующем уровне требуются специалисты, понимающие методологию BIM в целом: они должны организовывать совместную работу в общей среде, настраивать стандарты и шаблоны, управлять потоками данных между различными дисциплинами. Эти специалисты – BIM-менеджеры – являются ключевыми агентами изменений внутри организации. Кроме того, крайне важно обучить и руководящий состав, чтобы управленческие решения принимались с пониманием возможностей и ограничений новой технологии. В Беларуси эту задачу решают через курсы повышения квалификации в учреждениях образования, специализированные тренинги от вендоров программного обеспечения, а также корпоративное обучение внутри крупных проектных институтов.

Третий комплекс проблем лежит в нормативно-правовой плоскости. Действующие в Республике Беларусь строительные нормы и правила, а также требования государственной экспертизы традиционно ориентированы на бумажную или электронную двухмерную документацию установленного формата. Внедрение BIM ставит вопрос о правовом статусе информационной модели. Является ли она проектной документацией? Как осуществляется ее проверка и экспертиза? Как фиксируются ответственность и авторские права на модель? Без ответов на эти вопросы использование BIM в полном объеме, особенно для объектов государственного заказа, затруднено. Положительным шагом в этом направлении стало принятие в 2021 году СТБ EN ISO 19650, который устанавливает национальный стандарт, гармонизированный с международными нормами по организации данных информационного моделирования. Это создает основу для дальнейшего развития нормативной базы. Однако предстоит большая работа по адаптации конкретных инструкций и регламентов, особенно в части сдачи-приемки проектной документации и ведения исполнительной документации в процессе строительства.

Четвертый фактор – это выбор технологий и интеграция программных решений. Белорусским организациям необходимо формировать свою BIM-экосистему. Это не ограничивается выбором между несколькими программами для архитектурного проектирования. Речь идет о целом наборе инструментов: для расчетов конструкций и инженерных систем, для координации и обнаружения коллизий, для сметного планирования, для управления строительством и эксплуатацией. Важнейшей задачей является обеспечение совместимости этих инструментов через открытые форматы обмена данными, такие как IFC. Особое внимание следует уделять возможностям интеграции BIM с другими корпоративными системами, например, с системами управления проектами или документооборота. Кроме того, для работы с крупными моделями необходима соответствующая инфраструктура: мощные рабочие станции, серверы для хранения общих данных и высокоскоростная сеть. Все это требует значительных первоначальных инвестиций, которые могут быть постепенными, начиная с пилотных проектов.

Наконец, ключевую роль играет позиция заказчика. Внедрение BIM наиболее эффективно и быстро происходит тогда, когда требования к использованию этой технологии исходят от инвестора или заказчика строительства. Осознание долгосрочных выгод – таких как повышение

точности смет, сокращение сроков строительства за счет минимизации ошибок, удобство управления объектом после ввода в эксплуатацию – мотивирует заказчика требовать от проектировщиков и подрядчиков работы в BIM. В Беларуси этот тренд набирает силу, особенно среди крупных девелоперских компаний и при реализации значимых государственных объектов. Формирование технических заданий, содержащих четкие требования к уровню развития BIM, к содержанию и форматам предоставляемых информационных моделей, является мощным драйвером для всего рынка.

Таким образом, внедрение BIM в белорусских проектных организациях – это эволюционный, а не революционный процесс. Он требует стратегического планирования, поэтапного движения от простого к сложному. Начинать целесообразно с внутреннего пилотного проекта, например, с разработки модели отдельного здания или даже его части силами небольшой группы энтузиастов. Это позволит отработать технологии, выявить узкие места и подготовить внутренние стандарты. Следующим этапом может стать реализация реального коммерческого проекта среднего масштаба с согласия заказчика. И только накопив достаточный опыт и компетенции, организация может переходить к полномасштабному использованию BIM на всех проектах, включая участие в сложных междисциплинарных командах.

Важно понимать, что конечной целью является не создание красивых трехмерных визуализаций, а получение управляемых данных для принятия оптимальных решений на всех стадиях – от концепции до сноса. Для белорусского строительного комплекса успешное внедрение BIM открывает путь к повышению конкурентоспособности, снижению издержек, повышению качества и безопасности строительства, а также к интеграции в международные проекты, где эти технологии уже стали стандартом де-факто. Этот путь сложен, но он является необходимым условием для модернизации отрасли и ее перехода на цифровой уровень развития.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Талапов, В. В. Технология BIM : суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий : учеб. пособие / В. В. Талапов. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 409 с.
2. Проектирование в ArchiCAD : учеб.-практ. пособие / Н. А. Малова. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2020. – 240 с.
3. Константинов, А. А. Гражданские и сельскохозяйственные здания и сооружения. Малоэтажный жилой дом : учеб.-метод. пособие / А. А. Константинов. – Горки : БГСХА, 2019. – 298 с.
4. Autodesk Software. – URL: <https://www.autodesk.com/> (дата обращения: 22.06.2025).
5. Лира Софт. Разработка и поставка российского ПО. – URL: <https://lira-soft.com/> (дата обращения: 24.06.2025).
6. Graphisoft. – URL : <https://graphisoft.com/> (дата обращения: 20.01.2026).
7. Романов, И. А. Основы автоматизации проектирования : учеб.-метод. пособие / И. А. Романов, О. В. Тишкович. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2025. – 166 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР) .....	4
1.1. Основные понятия и определения .....	4
1.2. История развития САПР в строительстве .....	6
1.3. Требования к составу САПР .....	9
1.4. Роль САПР в современном строительстве .....	12
2. ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	15
2.1. Классификация программ для проектирования .....	15
2.2. Преимущества и недостатки современных САПР.....	18
2.3. Методики и подходы в проектировании .....	36
3. ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ AutoCAD .....	39
3.1. Запуск программы и интерфейс.....	39
3.2. Настройка интерфейса и создание чертежа .....	42
3.3. Создание и редактирование графических примитивов .....	48
3.4. Работа со слоями, цветами, типами и толщиной линий.....	54
3.5. Работа с пространствами Модели и Листа.....	63
3.6. Печать чертежей.....	67
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ В ArchiCAD .....	73
4.1. Запуск программы и интерфейс .....	73
4.2. Координационные оси и уровни .....	77
4.3. Моделирование несущих и ограждающих конструкций .....	80
4.4. Работа с проемами: окна и двери.....	84
4.5. Создание крыши и завершающих элементов здания .....	87
4.6. Организация внутреннего пространства .....	90
4.7. Разрез и фасад: контроль модели.....	92
4.8. Вывод на печать и спецификации.....	95
5. ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ (BIM) .....	97
5.1. Концепция и стандарты BIM.....	97
5.2. Структура и компоненты BIM-модели .....	100
5.3. Процесс совместной работы в BIM-среде.....	103
5.4. Внедрение BIM в проектные организации.....	105
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	109

Учебное издание

**Романов** Илья Александрович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Пособие

Редактор *Е. П. Савиц*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Компьютерный набор и верстка *Е. В. Табанюховой*

Подписано в печать 30.03.2026. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,43.  
Тираж 40 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.