



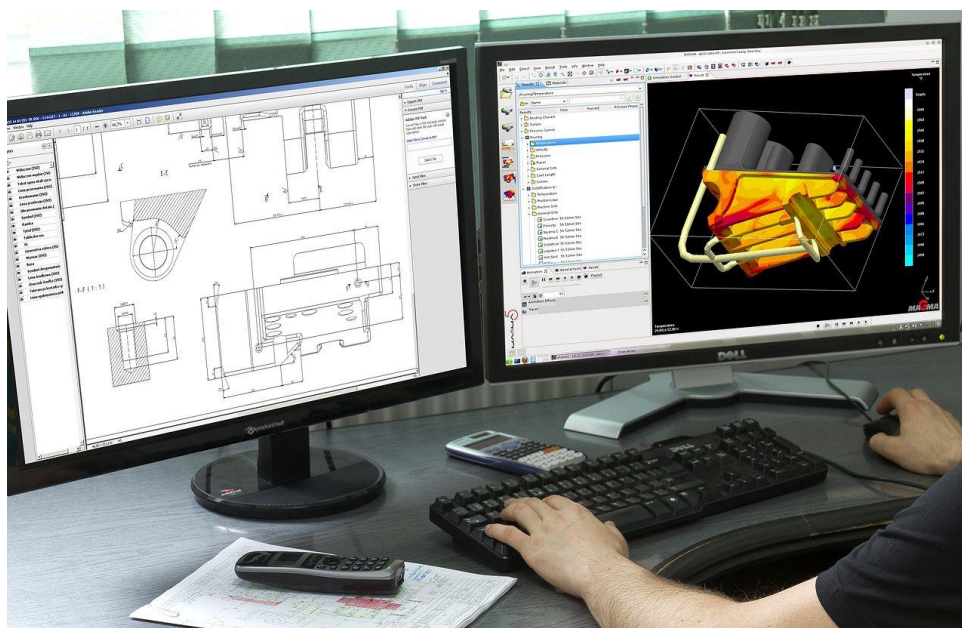
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»
в поселке Яблоновском

Кафедра транспортных процессов и техносферной безопасности

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Методические рекомендации
по организации самостоятельной работы студента**

для направления подготовки
08.03.01 Строительство
(для всех форм обучения)



поселок Яблоновский, 2026

УДК 69:004.896(075.8)
ББК 38-5-05я73
М-54

Печатается по решению кафедры транспортных процессов и техносферной безопасности (протокол № 4 от 02.12.2025 г.)

Составители: Ягубов Эмин Зафар оглы, заведующий кафедрой транспортных процессов и техносферной безопасности Филиала ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» в поселке Яблоновском, доктор технических наук, доцент

Удодов Сергей Алексеевич, директор по научно-техническому сопровождению ООО «Центр развития строительных технологий», кандидат технических наук, доцент

Системы автоматизированного проектирования в строительстве: Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студента для направления подготовки 08.03.01 Строительство – пос. Яблоновский, 2026. – 13 с.

Методические рекомендации составлены в соответствии с требованиями ГОС ВО и раскрывают теоретико-методологические характеристики и способы организации самостоятельной работы студентов, позволяющие более эффективно работать с учебной и научной литературой, критически осмысливать прочитанный и изученный материал по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования в строительстве».

ВВЕДЕНИЕ

Строительный комплекс находится на этапе глобальной цифровой трансформации. Инженерная деятельность в области изысканий, проектирования и возведения зданий сегодня немыслима без применения сквозных информационных технологий. Ключевым инструментом, обеспечивающим высокую точность, экономическую эффективность и безопасность строительных объектов, выступают **системы автоматизированного проектирования (САПР/CAD)**, плавно интегрирующиеся с **Технологиями информационного моделирования (ТИМ/BIM)**. Переход от традиционного двухмерного черчения к созданию комплексных многомерных цифровых моделей стал обязательным стандартом для современной проектно-строительной отрасли РФ.

Дисциплина **«Системы автоматизированного проектирования в строительстве»** является базовым элементом подготовки квалифицированного инженера-строителя. Она носит интегральный, междисциплинарный характер и объединяет в единую технологическую цепочку знания из области *инженерной геодезии, начертательной геометрии, генеральных планов, строительной механики и теории расчета конструкций*. Программа курса охватывает весь спектр автоматизации проектных работ: от камеральной обработки полевых измерений и создания цифровых моделей местности до конечно-элементного анализа напряженно-деформированного состояния зданий и выдачи готовой рабочей документации.

Теоретическую и методическую основу курса составляют требования актуальной нормативно-технической базы, включая стандарты **СПДС (Системы проектной документации для строительства)**, в частности **ГОСТ 21.508 «Правила выполнения рабочей документации генеральных планов»**, а также регламенты Минстроя России по внедрению ТИМ. Практическое освоение дисциплины базируется на изучении современных графических сред (**AutoCAD, nanoCAD**), специализированных инфраструктурных платформ (**Autodesk Land Desktop, Civil 3D**), а также

расчетных программных комплексов класса САЕ (**ЛИРА-САПР, SCAD Office**).

Целью изучения дисциплины является формирование у будущих инженеров-строителей системного цифрового мышления, прочных теоретических знаний об архитектуре САПР и практических навыков сквозного автоматизированного проектирования строительных объектов на основе современных программно-технических средств.

Для достижения поставленной цели в процессе изучения курса решаются следующие **основные задачи**:

- Изучение структуры, классификации и состава обеспечивающих подсистем САПР (*технического, программного, информационного, методического и организационного обеспечения*), а также требований к современным графическим рабочим станциям;
- Освоение методов автоматизации камеральной обработки данных геодезических измерений, принципов импорта точек с электронных тахеометров и построения **цифровых моделей рельефа (ЦМР) на основе TIN-сетей**;
- Приобретение практических навыков работы в базовых графических платформах и специализированных модулях для создания плоских чертежей и трехмерных пространственных объектов;
- Изучение логики управления сложными проектами в среде **Autodesk Land Desktop** (взаимосвязи чертежей с базами данных проекта);
- Освоение методологии вертикальной планировки и алгоритмов автоматизированного **расчета объемов земляных масс** по методу двух поверхностей с генерацией нормативных картограмм;
- Изучение теоретических основ и практическое освоение расчетных программных средств на базе метода конечных элементов (**МКЭ**) для статического и динамического анализа несущих строительных конструкций, подбора армирования железобетонных элементов и сечений металлопроката.

В результате освоения дисциплины студент должен **знать** структуру и принципы функционирования САПР, возможности базового и специализированного софта, требования стандартов к оформлению электронных чертежей; **уметь** строить цифровые модели рельефа, вычислять объемы земляных работ, формировать расчетные схемы конструкций в МКЭ-комплексах; **владеть** навыками работы в современных CAD-средах, методами сбора нагрузок в расчетных комплексах и технологиями автоматизированного выпуска проектной документации.

Настоящие методические указания разработаны с целью оптимизации учебного процесса, оказания методической помощи студентам при выполнении лабораторно-практических работ и курсового проектирования, а также для эффективной промежуточной самопроверки знаний по всем модулям САПР.

Лекция 1. Введение в САПР. Технические и программные средства

Понятие САПР: система автоматизированного проектирования — это организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимодействующего с подразделениями проектной организации. Основная цель — повышение качества и сокращение сроков проектирования.

Структура САПР: включает обеспечивающие подсистемы: техническое (компьютеры, плоттеры, 3D-сканеры), программное (ОС, базовый и специализированный софт), информационное (базы данных, библиотеки стандартных элементов, СП, ГОСТ), методическое и организационное обеспечение.

Технические средства САПР: эволюция аппаратного обеспечения. Современные требования к рабочим станциям инженера (мощность графических процессоров GPU, объемы оперативной памяти RAM, высокоскоростные накопители SSD) для работы со сложной геометрией и облаками точек лазерного сканирования.

Лекция 2. Основные модули САПР для камеральной обработки геодезических измерений и проектирования

Связь геодезии и проектирования: любой строительный проект начинается с создания цифровой модели местности (ЦММ) на основе инженерно-геодезических изысканий.

Функции геодезических модулей САПР: автоматизированный импорт данных с электронных тахеометров и GPS/ГНСС-приемников. Обработка теодолитных и нивелирных ходов, вычисление координат, фильтрация и кодирование точек. Построение триангуляционных сетей (**моделей TIN**) для автоматической генерации горизонталей и рельефа местности.

Лекция 3. Современные графические программные средства. Специализированное ПО в строительстве

Базовые графические платформы: использование универсальных сред (**AutoCAD, nanoCAD**) для двумерного черчения (2D) и поверхностного/твердотельного моделирования (3D). Принципы работы со слоями, блоками, внешними ссылками и пространством листа.

Специализированное ПО: переход от универсального черчения к объектно-ориентированному проектированию. Обзор линеек программ для инфраструктурного и гражданского проектирования (**Autodesk Civil 3D, Кредо-Диалог, GeoniCS**). Интеграция САПР-систем с технологиями информационного моделирования (ТИМ / BIM).

Лекция 4. Создание проекта и рисунка в среде САПР Autodesk Land Desktop

Land Desktop — классическая базовая платформа (на основе AutoCAD) для работы с геодезией, генпланами и вертикальной планировкой.

Логика управления проектами: В отличие от стандартного AutoCAD, в Land Desktop чертеж (рисунок .dwg) жестко привязан к структуре базы данных проекта (Project Database), где хранятся координаты точек, поверхности и трассы.

Параметры настройки: Установка единиц измерения (метрическая система), масштабов черчения, координатных зон и проекций. Настройка стилей отображения точек (Points), текстовых меток и маркеров. Редактирование менеджера объектов (Object Manager).

Лекция 5. Вычисление объемов земляных работ по двум поверхностям

Понятие цифровой поверхности: поверхность в САПР как математическая сеть взаимосвязанных треугольников (TIN-модель), построенная по точкам с высотными отметками (Z) с учетом структурных линий (бровок, тальвегов).

Алгоритм расчета объемов: для вычисления объемов насыпи и выемки в САПР создаются две независимые поверхности:

1. *Исходная поверхность* (Existing Ground) — естественный природный рельеф до начала работ.
2. *Проектная поверхность* (Proposed Ground) — планируемый рельеф после срезки или подсыпки грунта (дно котлована, берма, насыпь дороги).

Методы вычисления: метод композитных поверхностей (сравнение призм под треугольниками двух сетей) и метод сетки квадратов (создание картограммы земляных масс по ГОСТ 21.508). Автоматическая генерация линий нулевых работ.

Лекция 6. Программные средства для проектирования строительных конструкций и их элементов

Расчетные комплексы (CAE): применение специализированного софта на основе метода конечных элементов (МКЭ / FEM) для статического и динамического анализа конструкций (ЛИРА-САПР, SCAD Office, Robot Structural Analysis).

Этапы расчетного проектирования: создание расчетной схемы (стержни, пластины, объемные конечные элементы), назначение жесткостных характеристик материалов, сбор нагрузок и формирование их опасных сочетаний (PCY/PCN). Расчет напряженно-деформированного состояния

(НДС). Автоматизированный подбор сечений металлоконструкций или площади армирования в железобетонных элементах согласно действующим СП.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Сформулируйте развернутые определения понятий CAD, CAE, CAM и PDM. Как эти системы взаимодействуют между собой в рамках единого жизненного цикла строительного объекта?
2. Какие обеспечивающие подсистемы входят в структуру САПР? Приведите примеры методического и информационного обеспечения для строительной отрасли.
3. Проанализируйте аппаратные требования к рабочим станциям инженера-проектировщика. Каковы роли центрального процессора (CPU) и графического процессора (GPU) при рендеринге 3D-модели здания и при расчете конструкции методом конечных элементов?
4. Какие преимущества дает использование твердотельных SSD-накопителей с интерфейсом NVMe при работе со строительными проектами, содержащими миллионы точек лазерного сканирования?
5. Опишите сквозной процесс передачи пространственных данных от полевых измерений электронным тахеометром до формирования цифровой модели местности (ЦММ) в среде САПР.
6. Что такое некоординированная точка и координированная точка в геодезической базе данных САПР? Какие форматы файлов используются для импорта облаков точек?
7. Объясните математическую суть триангуляции Делоне. По какому принципу строится нерегулярная триангуляционная сеть (**TIN-модель**)?
8. Как в геодезических модулях САПР задаются и обрабатываются структурные линии рельефа (бровки, тальвеги, подпорные стенки)? Что произойдет с горизонталями рельефа, если при построении TIN-модели проигнорировать структурную линию дорожной насыпи?

9. Сравните базовые возможности платформ AutoCAD и отечественной системы nanoCAD. В чем заключаются особенности работы с форматом .dwg как индустриальным стандартом?

10. Каково назначение пространства модели и пространства листа в современных САД-системах? Объясните механизм настройки масштаба чертежа через видовые экраны на листе.

11. В чем заключается фундаментальное различие между классической чертежной технологией (CAD) и объектно-ориентированными технологиями информационного моделирования (**ТИМ** / **BIM**)?

12. Назовите основные специализированные программные продукты для проектирования наружных инженерных сетей и объектов транспортной инфраструктуры (например, Autodesk Civil 3D, Кредо-Диалог).

13. Опишите файловую структуру проекта в Autodesk Land Desktop. Почему переименование или перемещение файла .dwg через стандартный проводник Windows может привести к разрушению связей с проектом?

14. Что такое менеджер описания ключей (*Description Keys*) в Land Desktop, и как он автоматизирует процесс отрисовки топографических знаков при импорте точек?

15. Каков порядок настройки параметров рисунка (*Drawing Setup*) перед началом проектирования? Какие координатные проекции (например, СК-42, МСК-регионов, UTM) поддерживаются современными САПР?

16. Как в Land Desktop организована совместная работа нескольких инженеров над одним проектом с использованием механизма внешних ссылок (*Xref*) и ярлыков данных (*Data Shortcuts*)?

17. Дайте определение понятию «композитная поверхность» (*Volume Surface*). Каким образом САПР осуществляет математическое вычитание одной TIN-сети из другой?

18. Опишите пошаговый алгоритм построения картограммы земляных масс в соответствии с требованиями **ГОСТ 21.508-2020**. Какие параметры выводятся в каждом квадрате сетки?

19. Что такое «линия нулевых работ» на картограмме, и как она вычисляется программным комплексом?

20. Каким образом в САПР учитывается коэффициент относительного уплотнения или разрыхления грунта при подсчете баланса земляных масс?

21. Сформулируйте основные допущения метода конечных элементов (**МКЭ**), заложенные в основу расчетных комплексов типа ЛИРА-САПР и SCAD Office.

22. Дайте классификацию конечных элементов (КЭ), используемых при создании расчетных схем зданий. В каких случаях применяются одномерные (стержневые), двумерные (пластинчатые, оболочечные) и трехмерные (объемные) КЭ?

23. Что такое расчетное сочетание усилий (PCY) и расчетное сочетание нагрузок (PCN)? В чем заключается их принципиальное различие при анализе прочности конструкций?

24. Опишите сквозной итерационный процесс проектирования железобетонного элемента в связке «CAD/BIM-платформа — расчетный МКЭ-комплекс». Как передаются данные о геометрии, нагрузках и результатах подбора арматуры?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21.508-2020. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов. — Введен в действие 01.01.2021. — Москва: Стандартинформ, 2020. — 44 с.
2. ГОСТ Р 21.101-2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. — Москва: Стандартинформ, 2020. — 56 с.
3. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования пакетов электронных документов. — Москва: Минстрой России, 2018. — 36 с.
4. Малявин, А. А. Автоматизированное проектирование в строительстве: учебное пособие для вузов / А. А. Малявин. — 2-е изд., стер. — Москва: Издательство АСВ, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-4323-0433-9.
5. Попов, А. В. Основы автоматизированного проектирования и расчет строительных конструкций: учебник для вузов / А. В. Попов, И. А. Кириллов. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 316 с. — ISBN 978-5-507-48902-3.
6. Федоренков, А. П. nanoCAD. Непрерывное трехмерное проектирование и выпуск рабочей документации: учебное пособие / А. П. Федоренков. — Москва: ДМК Пресс, 2023. — 280 с. — ISBN 978-5-97060-994-1.
7. Баранова, М. Н. Цифровое моделирование рельефа и вертикальная планировка в Autodesk Civil 3D: лабораторный практикум / М. Н. Баранова. — Нижний Новгород: ННГАСУ, 2021. — 144 с.
8. Городецкий, А. С. Компьютерные моделирования конструкций: учебное пособие по применению ПК «ЛИРА-САПР» / А. С. Городецкий, Л. Г. Барабаш. — Москва: Издательство АСВ, 2022. — 340 с. — ISBN 978-5-4323-0442-1.
9. Карпиловский, В. С. SCAD Office. Вычислительный комплекс для расчета строительных конструкций: практическое пособие / В. С.

Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. А. Маляренко. — 4-е изд., перераб. —
Москва: СКАД СОФТ, 2023. — 544 с. — ISBN 978-5-903383-60-3.