



ENGINEERING SIMULATION ECOSYSTEM

Полнофункциональный инженерный анализ (FEA / CFD) в браузере и на ПК

WebCAE — специализированная инженерная экосистема для прочностных, гидрогазодинамических и мультифизических расчетов. Платформа построена на базе WebAssembly (WASM SIMD) и WebGPU с полным циклом локальных вычислений, гарантирующих конфиденциальность геометрии, и поддержкой управления через автономных AI-агентов.

КЛЮЧЕВЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Zero-Install и мгновенный запуск

Открытие проекта в браузере за 1 секунду без развертывания тяжелых пакетов и сложных серверов лицензий. Доступно также нативное настольное приложение Tauri (Windows, macOS, Linux).

100% Конфиденциальность данных

Все вычисления, генерация КЭ-сетки и решение СЛАУ происходят исключительно на локальном компьютере инженера. CAD-геометрия и поля результатов не покидают устройство.

AI Agent Automation (MCP)

Нативная интеграция с AI-агентами (Claude, ChatGPT, Antigravity) через протокол MCP (Model Context Protocol). Полная программная автоматизация пре- и постпроцессинга.

ФИЗИЧЕСКИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ТИПЫ РЕШАТЕЛЕЙ

Линейная и нелинейная статика

Разреженные прямые и предобусловленные итерационные решатели. Большие деформации и перемещения (NLGEOM), учет изменения геометрии и следящих нагрузок.

Linear Static

NLGEOM

Follower Loads

Упругопластичность материалов

Модели пластического течения J2 von Mises, кинематическое и изотропное упрочнение, расчет остаточных деформаций и напряжений после разгрузки конструкции.

J2 Flow Theory

Hardening

Residual Stress

Контактное взаимодействие (Mortar)

Сегментный контакт Mortar: вычисление контактного давления без сингулярностей точечных штрафов. Контакт без трения (Frictionless), склеивание (Bonded) и многотельные сборки.

Mortar Contact

Multibody

Frictionless / Bonded

Гидрогазодинамика (CFD)

Решатель RANS на ядре SU2: несжимаемые и сжимаемые течения, турбулентные модели Spalart-Allmaras и SST, вращающиеся зоны (Sliding Mesh), расчет аэродинамических сил (Cd, Cl).

SU2 CFD

RANS SST

Sliding Mesh

Модальный анализ и устойчивость

Собственные частоты и формы колебаний методом подпространств Крылова / Ланцоша, включая учет преднапряженного состояния (Prestressed Modal). Линейная устойчивость по Эйлеру (Buckling).

Eigen Modal

Prestressed

Buckling

Нестационарная и явная динамика

Явная схема центральных разностей (MFEM) для моделирования высокоскоростных ударов, краш-тестов и эрозии поврежденных элементов. Неявная динамика Newmark-beta для переходных процессов.

Explicit Dynamics

Central Difference

Newmark-Beta



БИБЛИОТЕКА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (FINITE ELEMENT LIBRARY)

КАТЕГОРИЯ	ТИПЫ ЭЛЕМЕНТОВ	МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛИРОВКА	ТИПОВЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ
Твердотельные (Solids)	Tet4, Tet10 (квадратичные), Hex8 (гексаэдры)	В-bar интеграция, стабилизация объемного запираания (Volumetric Locking Free), изопараметрическая аппроксимация.	Массивные детали, отливки, корпусные элементы, подшипники, штампованная оснастка.
Оболочечные (Shells)	MITC4 (Mixed Interpolation), DKMQ	Теория Миндлина-Рейсснера, исключение сдвигового запираания (Shear Locking Free), многослойные ортотропные ламинаты.	Тонкостенные сосуды под давлением, профилированные панели, обшивки, резервуары.
Балочные и стержневые	3D Timoshenko Beam (6 DOF), ферменные стержни	Учет сдвиговых деформаций поперечного сечения, произвольные профили (двутавры, трубы), точечные шарниры (releases).	Пространственные каркасы зданий, вышки, эстакады, рамные конструкции, мостовые фермы.
Специальные элементы	RBE2 (Rigid Links), точечные массы, Mortar	Кинематические связи с виртуальными мастер-узлами, распределение инерционных сил, контактные множители Лагранжа.	Болтовые и заклепочные соединения, шарнирные узлы, динамическая балансировка масс.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ CAD ЯДРО И ГЕНЕРАЦИЯ КЭ-СЕТКИ

В-Rep ядро (OpenCASCADE Technology)

Встроенное В-Rep геометрическое ядро (OCCT 7.9): импорт и экспорт промышленных форматов STEP AP203/214/242 и IGES. Параметрическое моделирование: эскизы (Sketch), выдавливание (Extrude), вращение (Revolve), кинематические операции (Sweep/Loft), надежные булевы операции объединения и вычитания тел, а также автоматический Defeaturing для удаления мелких фасок и отверстий.

Адаптивный сеточный генератор (Netgen)

Интегрированный генератор сетки Netgen Delaunay: автоматическое измельчение по кривизне поверхностей и остроте ребер, локальные зоны измельчения (Mesh Sizing Zones) сферической и цилиндрической формы, пограничные призматические слои (Boundary Layer Inflation) для расчетов гидрогазодинамики, а также генерация структурированных и гибридных Hex-зон.

СКРИПТОВЫЙ ЯЗЫК WebCAE DSL И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Платформа оснащена лаконичным декларативно-императивным языком **WebCAE DSL**, позволяющим автоматизировать полный инженерный цикл: от импорта В-Rep геометрии и генерации сетки до решения и снятия экстремумов. Язык строго следует единому журналу нумерации сущностей дерева (surface number N, edge number N). Поддерживается интеграция с Onshape Cloud CAD, экспорт в ParaView VTK и интерактивный WebShare.