



➤ SCAD OFFICE 21.1.9.11: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Интегрированная система прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office (рис. 1) включает в себя высокопроизводительный вычислительный комплекс SCAD++, который обеспечивает выполнение прочностного анализа несущих конструкций с использованием метода конечных элементов. Комплексное решение задач расчета и проектирования железобетонных и стальных конструкций с учетом требований нормативных документов реализовано в связке со специализированными программами (сателлитами), входящими в состав системы SCAD Office. Обмен данными с наиболее популярными CAD-программами (графическими редакторами) и BIM-системами позволяет интегрировать SCAD Office в современную среду проектирования. Возможность создания пользовательских приложений, независимых от разработчиков системы, с использованием поставляемой в составе SCAD++ библиотеки API обеспечивает расширение функционала вычислительного комплекса и его максимальное приближение к задачам пользователя.

Система постоянно развивается, совершенствуются интерфейс пользо-

вателя и вычислительные возможности, реализуются новые проектирующие компоненты. Отметим наиболее значимые нововведения, произведенные за последние годы.

1. Появились новые конечные элементы оболочки и стержня с учетом физической нелинейности. Четырех-

угольный и треугольный элементы оболочки, а также двухузловой стержневой элемент рассматриваются как трехмерное тело, к которому последовательно применяются кинематические и статические гипотезы оболочек Мидлина-Рейснера и стержневой Тимошенко [1]. Элементы

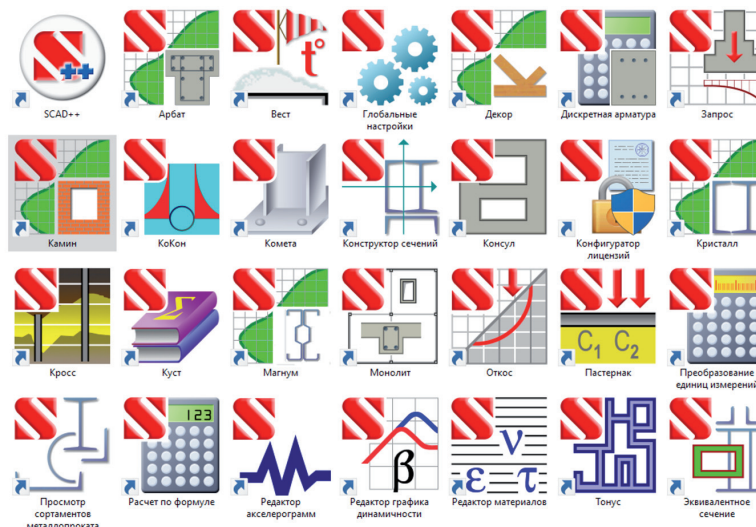


Рис. 1. Состав интегрированной системы SCAD Office

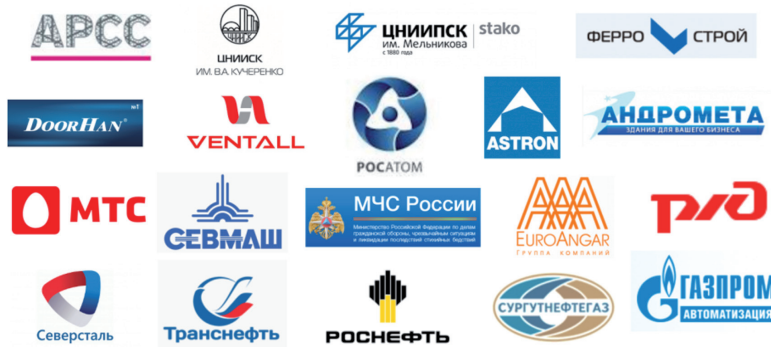


Рис. 2. Основные российские пользователи SCAD Office

оболочки состоят из слоев бетона и арматуры, а стержневой элемент рассматривается как трехмерное тело, состоящее из треугольных бетонных призм и дискретной арматуры. Все операции в оболочечных и стержневом элементах производятся над компонентами тензоров и девиаторов напряжений и деформаций в соответствии с принятой теорией пластичности. Реализованы как деформационная теория пластичности, так и теории пластического течения Гениева и Друкера-Прагера, что актуально для расчета железобетона, особенно в динамических задачах. Продольные и поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты в анализе напряженно-деформированного состояния не участвуют и определяются только в точках записи результата для их интерпретации в привычной для

инженеров форме и для использования в проверках по нормам.

2. Прямая нелинейная динамика позволяет решать задачи на устойчивость против прогрессирующего обрушения динамическим методом, контрольного землетрясения и любой другой динамической нагрузки или воздействия, если известен закон их изменения. При выполнении нелинейного динамического анализа в SCAD++, основанного на прямом интегрировании уравнений движения, все основные этапы расчета распараллелены на основе многопоточности. При достаточном объеме оперативной памяти обращение к диску минимизировано, что в совокупности с распараллеливанием расчета существенно (до 100 раз) ускорило решение нелинейных задач. В настройках нелинейного расчета предусмотрена возможность отключения сил инер-

ции и диссипации, что позволяет использовать реализованные достижения для решения массовых задач статического расчета в нелинейной постановке за несколько часов, минут и даже секунд.

3. Реализованы основные Еврокоды (сталь, железобетон, нагрузки и воздействия).
4. Расчет ЛСТК как в новом спутнике МАГNUM, появившемся в версии 21.1.9.9 SCAD Office, так и, начиная с версии 21.1.9.11, в самом SCAD++.
5. Анализ огнестойкости как стали, так и железобетона.
6. Развитие обмена данными с BIM-системами и другими расчетными комплексами.
7. Из приятных и повседневно используемых мелочей — это возможность ввода во всех полях с числовыми данными во всех программах SCAD Office простых арифметических выражений, например, $6*4,8+2,4$, что, безусловно, делает более быстрым и удобным ввод рассчитываемых в ходе повседневной работы над моделью исходных данных.

С 1995 года SCAD Office в России поставлен более чем 6000 уникальных пользователей (организациям, индивидуальным предпринимателям, физическим лицам), при этом — более 12 000 активных лицензий, представляющих собой уникальные лицензии, в том числе и те, которые были обновлены с предыдущих версий или до сих пор не обновлены. Порядка 40% объектов капитального строительства в России и странах бывшего СССР рассчитываются с использованием SCAD Office (рис. 2).

Программный комплекс SCAD Office включен в Единый реестр российских программ для ЭВМ и баз данных (<https://reestr.digital.gov.ru>, № 2270). Аттестация Экспертным советом по аттестации программных средств при Федеральной службе Ростехнадзора (рис. 3) допускает использование SCAD Office при расчетах объектов атомной энергетики. Соответствие требованиям нормативных документов подтверждено сертификатом Центра сертификации программной продукции в строительстве.

В версии 21.1.9.11 SCAD Office обновлена нормативная база с учетом измененных нормативных документов, а также введенных в действие новых норм. Реализован ряд новых функций и расчетов. Подробности о внесенных изменениях всегда можно узнать на сайте SCAD Soft по ссылке www.scadsoft.com/changes_all.



Рис. 3. Аттестационный паспорт Ростехнадзора и сертификат соответствия Росстандарта на SCAD Office

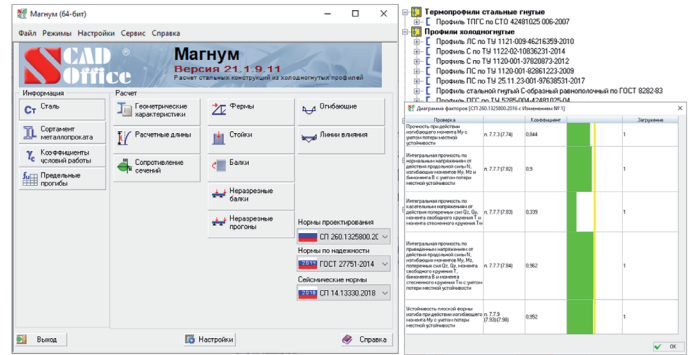


Рис. 4. Нормы, реализованные в SCAD++

Рис. 5. Новые возможности по расчету ЛСТК (МАГНУМ)

Новые нормы, изменения в нормах и соответствующие расчеты (рис. 4 и 5):

- изменение № 3 к СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия" (Россия);
- изменение № 2 к СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции" (Россия);
- СП 430.1325800 "Монолитные конструктивные системы" (в части железобетонных плит на продавливание около торцов стен, Россия);
- СП 260.1325800 "Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых профилей и гофрированных листов" (ЛСТК, Россия);
- СП 294.1325800 "Конструкции стальные в части расчета элементов с поперечно-гофрированными стенками" (Россия);
- EN 1991 "Воздействия на несущие конструкции" (Eurocode 1);

- EN 1993-1-3 "Проектирование стальных конструкций. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов" (ЛСТК, Eurocode 1);
- КМК 2.01.03-19 "Строительство в сейсмических районах" (Узбекистан).

Новые возможности по расчетам конструкций:

- в версии 21.1.9.9 появился новый сателлит МАГНУМ (см. рис. 5) для расчета стальных конструкций из холодногнутых профилей (ЛСТК) по СП 260.1325800 и EN 1993-1-3, а в версии 21.1.9.11 возможности по расчету ЛСТК были реализованы и в SCAD++;
- новые возможности в программах SCAD++, КРИСТАЛЛ, МАГНУМ

по заданию всех расчетных длин через коэффициент или расчетную длину в конструктивных элементах теперь позволяют более гибко подходить к заданию исходных данных по расчетным длинам (рис. 6);

- в исходных данных по конструктивным элементам и группам конструктивных элементов SCAD++ появилась возможность задавать параметры решетки (рис. 7), что, в частности, позволяет выполнять расчет общей устойчивости двухветвевых колонн как единого стержня (подробности моделирования и расчета двухветвевых колонн приведены в статьях [2] и [3]);
- в режиме *Расчетные длины* программы КРИСТАЛЛ добавлен расчет ступенчатых колонн согласно приложе-

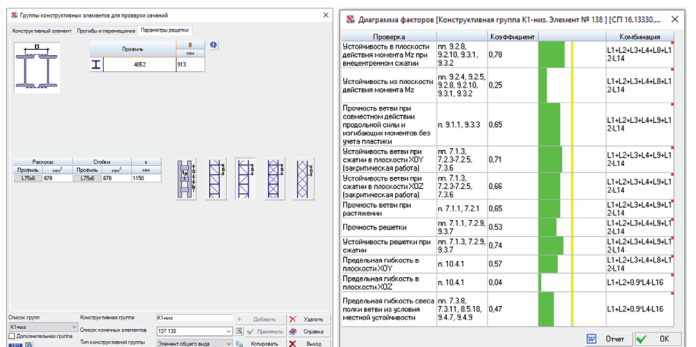
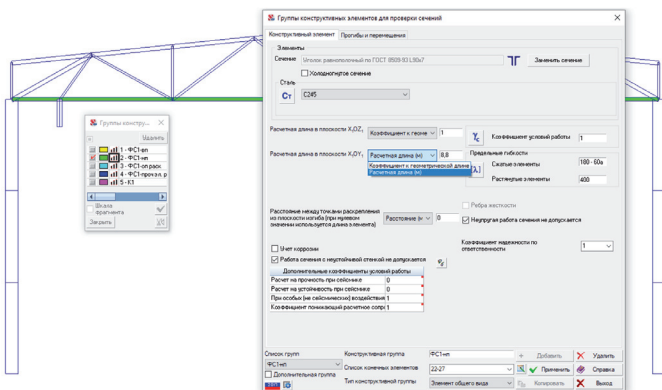


Рис. 6. Новые возможности по заданию расчетных длин (SCAD++)

Рис. 7. Учет элементов решетки в группе конструктивных элементов и результаты расчета (SCAD++)

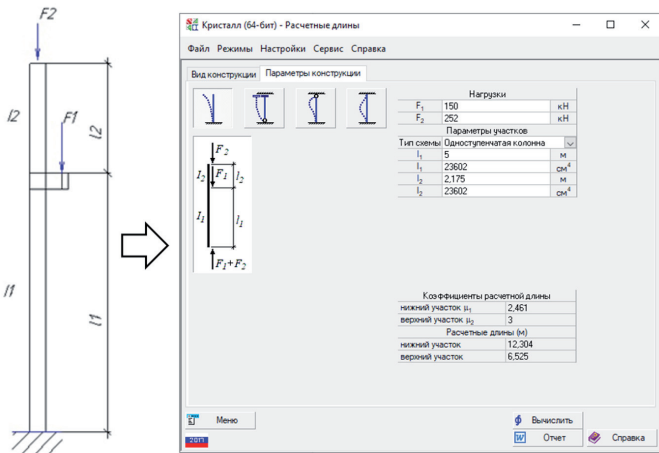


Рис. 8. Учет элементов решетки в группе конструктивных элементов и результаты расчета (КРИСТАЛЛ)

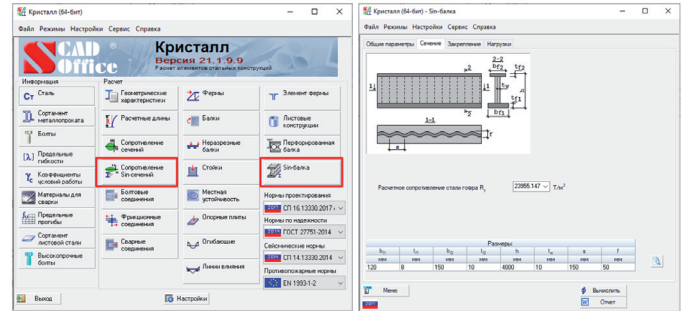


Рис. 9. Возможности по расчету Sin-сечений и Sin-балок (КРИСТАЛЛ)

нию И СП 16.13330.2017 (рис. 8), что позволяет определять расчетные длины колонн зданий с мостовыми опорными кранами;

- в программе КРИСТАЛЛ реализованы новые режимы *Сопротивление Sin-сечений* и *Sin-балка*, позволяющие выполнять расчет элементов с поперечно-гофрированными стенками по СП 294.13258 (рис. 9);
- в программе АРБАТ реализован расчет *Продавливание стеной* согласно СП 430.1325800 (рис. 10);

- в программах SCAD++ и АРБАТ при задании исходных данных для расчета железобетонных элементов появилась возможность указать верхнюю и нижнюю границы коэффициента φ_n , который рассчитывается согласно п. 8.1.34 СП 63.13330 (рис. 11), а также заказать в SCAD++ вычисление фактора по гибкости (необходимость ограничения значений φ_n возникает, например, при моделировании ребер жесткости плит перекрытий с использованием жестких вставок);

- при прямом интегрировании уравнений движения физически нелинейных систем добавлена возможность использовать явные схемы интегрирования, что в некоторых случаях позволяет ускорить выполнение нелинейного расчета.

Развитие возможностей взаимодействия с расчетными и проектирующими CAD- и BIM-системами:

- для обмена данными с другими программами в SCAD++ реализована поддержка множества различных форматов (рис. 12);

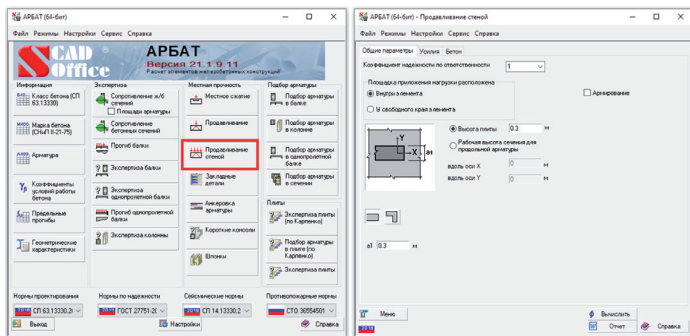


Рис. 10. Новый режим *Продавливание стеной* (АРБАТ)

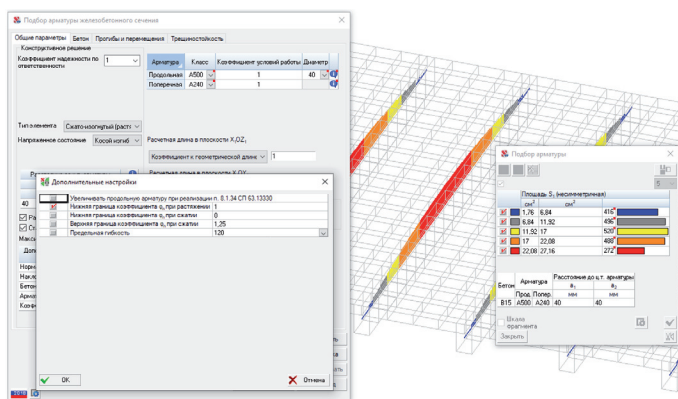


Рис. 11. Дополнительные настройки конструктивного железобетонного элемента (SCAD++)

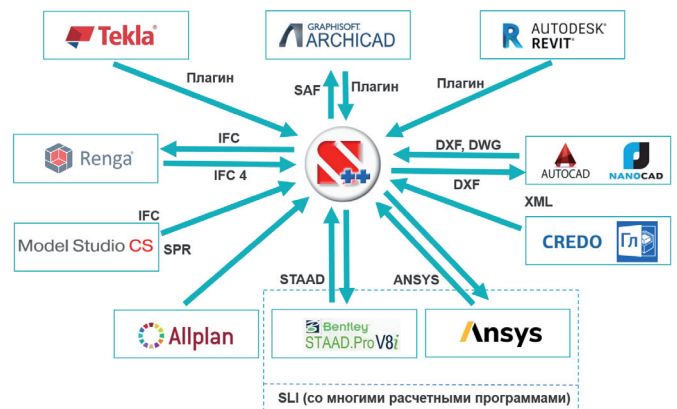


Рис. 12. Взаимодействие SCAD++ с расчетными и проектирующими CAD- и BIM-системами

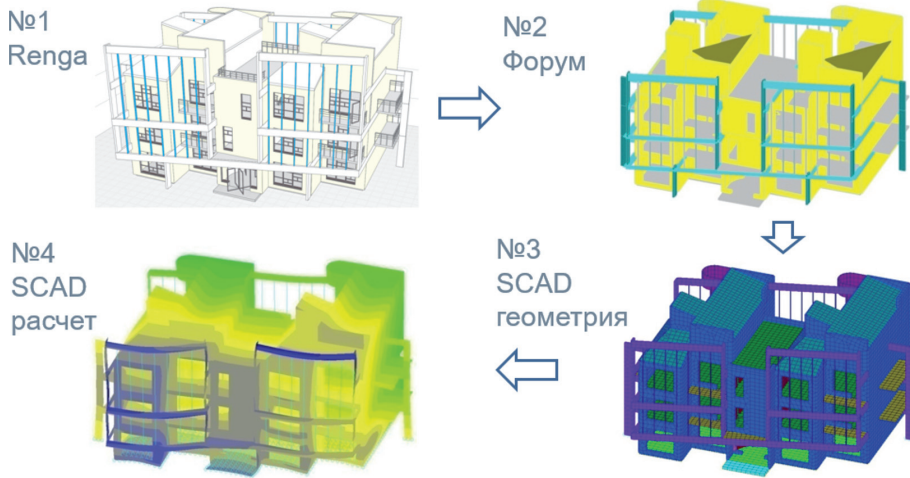


Рис. 13. Схема обмена данными с BIM-системой Renga

- в предыдущих версиях SCAD++ была реализована обработка формата IFC физической модели российской BIM-системы Renga (рис. 13), что позволяет импортировать и использовать модели, сохраненные в IFC из Renga в режиме ФОРУМ программы SCAD++. В версии 21.1.9.11 реализована поддержка форматов IFC версий 4, 4x1, 4x2, что особенно важно для пользователей Renga, у которой поддержка предыдущих версий формата IFC прекращена;
- добавлены возможности обмена данными с Revit 2022, Advance Steel 2020, 2021, 2022;

- для связи с Archicad реализован импорт формата SAF аналитической модели Archicad;
- реализация поддержки российского формата SLI теперь позволяет быстро обмениваться расчетными моделями с другими расчетными российскими системами.

Доработки, направленные на улучшение функциональных возможностей и интерфейса:

- в настройках каталога сечений добавлена возможность отключения неприменяемых в организации или отмененных сортаментов (рис. 14), что повышает скорость выбора сор-

таментов в процессе работы, уменьшает риск применения недействующего сортамента, а возможность сохранения настроек через приложение *Глобальные настройки* позволяет применить настройки для всех программ SCAD Office и скопировать их на все рабочие места в организации;

- в режимах *Жесткие базы колонн* и *Шарнирные базы колонн* программы КОМЕТА добавлена возможность смены силовой плоскости.

Развитие библиотеки ScadAPI и пользовательских расширений (плагинов):

- для работы с проектами вычислительного комплекса SCAD++ в предыдущих версиях был создан специальный объект ScadAPI, с помощью которого можно создавать проекты, корректировать их, анализировать результаты расчета, не запуская SCAD++ (для анализа результатов нужно запустить в SCAD++ созданный через ScadAPI проект, рассчитать его и закрыть);
- документация по работе со ScadAPI находится в папке *API\Doc* каталога установки SCAD Office (файл *Библиотека Scad++ API.pdf*);
- в версии 21.1.9.11 поставляемый с дистрибутивом пример по работе с библиотекой ScadAPI на языке программирования C++ адаптирован к среде разработки Visual Studio 2019;
- в программе SCAD++ плагин – это пользовательская кнопка, к которой привязан программный код, выполняющий необходимые действия (создание и модификация модели, получение и обработка результатов расчета);
- документация по разработке плагинов находится в папке установки SCAD Office (файл *SCAD_Plugins.pdf*);
- в качестве механизма взаимодействия между SCAD++ и плагином используется реализация JScript в рамках Windows Script;
- для решения многих задач достаточно возможностей встроенного в Windows скриптового объектно-ориентированного языка программирования JScript (рис. 15), который является достаточно простым и легко осваивается инженером, не являющимся профессиональным программистом, но получившим базовые знания по программированию в профильном вузе и освоившим

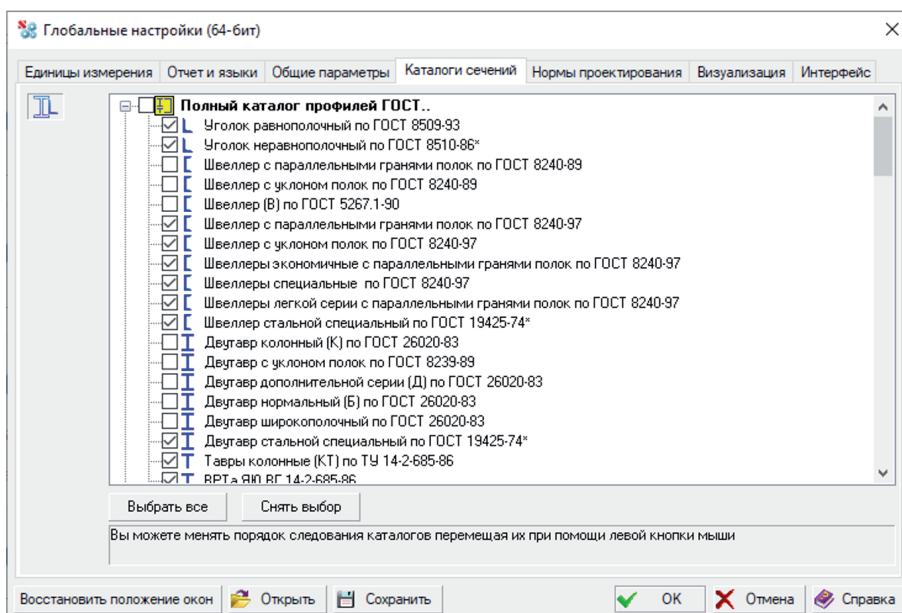


Рис. 14. Настройки каталога сечений (Глобальные настройки)

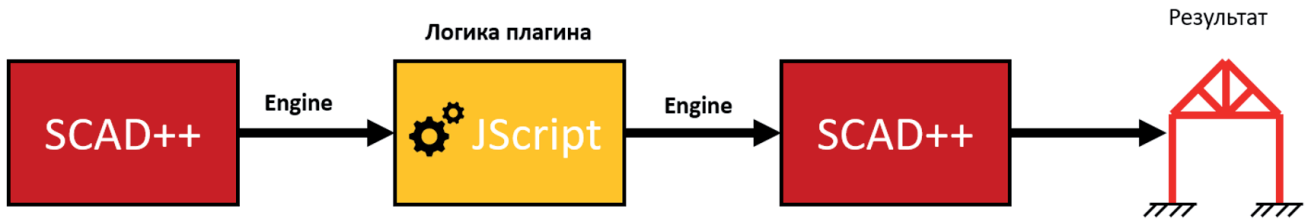


Рис. 15. Схема взаимодействия SCAD++ с плагином на JScript

синтаксис и элементарные навыки программирования на JScript;

- для версии 21.1.9.11 SCAD++ была разработана библиотека .Net, которая является "оберткой" над интерфейсами и объектами пользовательских расширений SCAD++, позволяющей разрабатывать плагины на популярном в настоящее время языке программирования C#;
- основная идея библиотеки .NET (рис. 16) состоит в создании COM-"сборки" плагина с последующей регистрацией в реестре Windows и вызове функционала .NET-плагина стандартным способом JScript-расширений через ActiveXObject. Таким образом, на JScript в обязательном порядке должны быть реализованы точки входа для созданных "сборок" плагина;
- библиотеку для разработки на C# можно подгрузить в проект с помощью NuGet Packages в Visual Studio

через поиск по имени *ScadPlugin-Library*;

- плагины могут разрабатываться и в других средах разработки и/или на языках программирования и/или фреймворках, которые, например, поддерживают прямые именованные вызовы внешних ActiveX-объектов и/или IDpatch;
- на момент написания статьи разработана и проходит тестирование библиотека для создания плагинов на языке программирования Python, которая к выпуску статьи скорее всего уже будет доступна пользователям; также планируется выпуск приложений для работы в средах визуального программирования Grasshopper и Dynamo;
- все необходимое для быстрого старта по разработке плагинов, в том числе и примеры плагинов, можно получить на странице "Пользовательские плагины" внутреннего сайта <https://scadhelp.ru/page/76>.

Литература

1. Фиалко С.Ю. Применение метода конечных элементов к анализу прочности и несущей способности тонкостенных железобетонных конструкций с учетом физической нелинейности. — М.: Издательство СКАД СОФТ, Издательский дом АСВ, 2018. — 192 с.
2. Маляренко А.А., Теплых А.В. Технологии построения расчетных моделей и анализа результатов в системе SCAD Office: модели металлокаркасов. — CADmaster, № 4/2004, с. 93-97.
3. Теплых А.В. Приемы моделирования и расчета двухветвевой колонны в SCAD++. — CADmaster, № 3/2021, с. 70-73.

*Андрей Теплых,
Владимир Резяпкин,
Денис Дегтярёв,
Руслан Ожогин
www.scadsoft.ru*

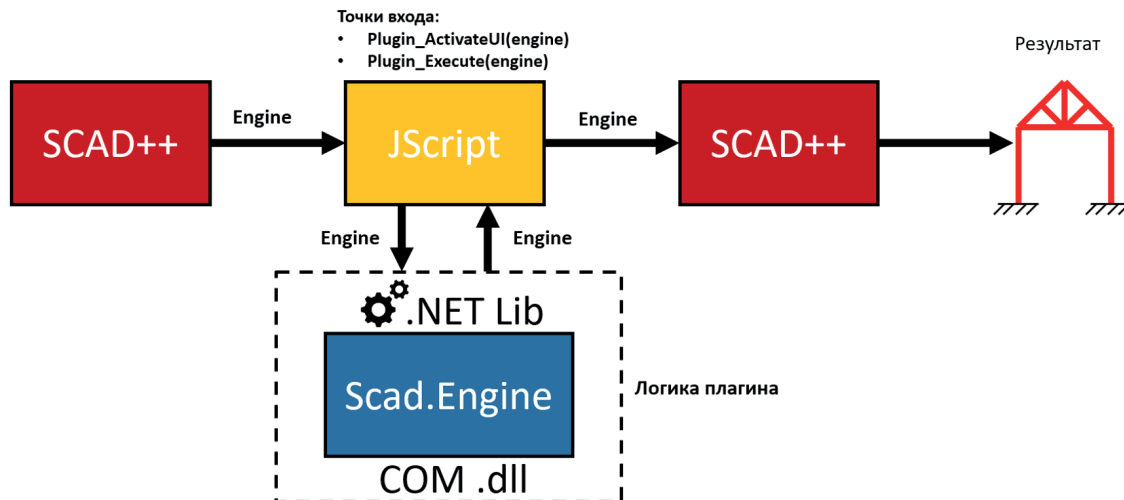


Рис. 16. Схема взаимодействия SCAD++ с плагином на C#