



➤ SCAD Office 21.1.9.5: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Интегрированная система прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office (рис. 1) включает высокопроизводительный вычислительный комплекс SCAD++, позволяющий решать методом конечных элементов задачи любой размерности, и проектирующие программы, которые комплексно решают вопросы расчета и проектирования несущих строительных конструкций во взаимодействии с чертежно-графическими редакторами и BIM-системами. Библиотека SCAD++ API и возможность создания пользовательских расширений на JScript предоставляются бесплатно, позволяя создавать пользовательские приложения и существенно расширить функциональные возможности программного комплекса. Порядка 40% объектов капитального строительства в России, Украине, Беларуси, Казахстане и других странах СНГ, а также в Прибалтике рассчитываются с использованием SCAD Office (рис. 2). Программный комплекс SCAD Office аттестован Экспертным советом по ат-

тестации программных средств при Федеральной службе Ростехнадзор (рис. 3), что допускает его использование при расчетах объектов атомной энергетики. Соответствие требованиям нормативных документов подтверждено сертификатом Центра сертификации программной продукции в строительстве.

В релизе 21.1.9.5 SCAD Office обновлена нормативная база с учетом изменений 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.

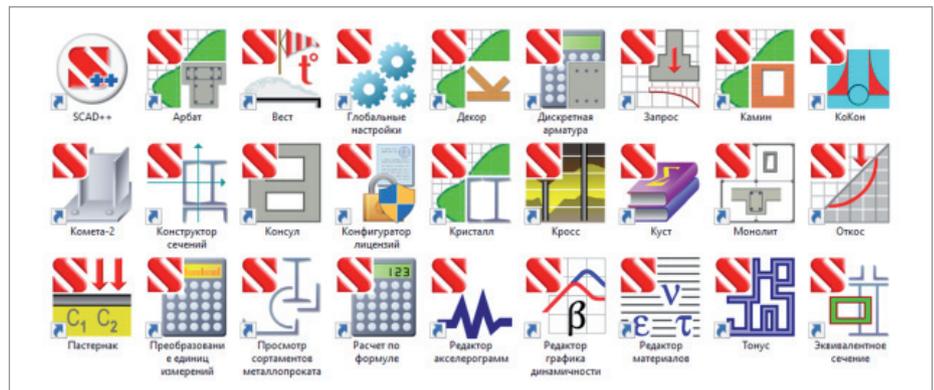


Рис. 1. Состав системы SCAD Office

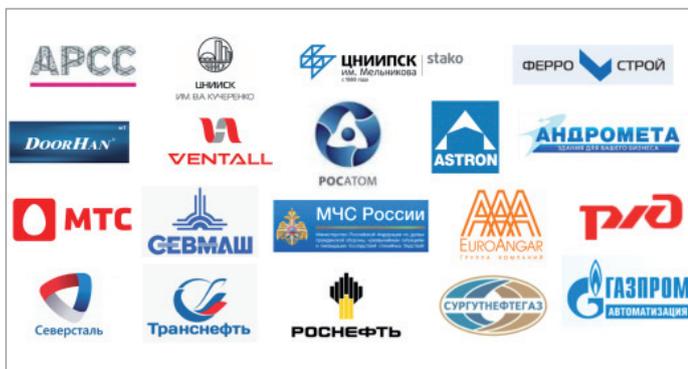


Рис. 2. Пользователи SCAD Office



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



| Страна | Шифр | Наименование |
|--------------|---------------------------|--|
| СССР | СНиП II-781* | Строительство в сейсмически районах |
| СНГ | Проект для СНГ | Строительство в сейсмически районах |
| Россия | СНиП II-781* (01.01.2009) | Строительство в сейсмически районах |
| Россия | СП 31-114-2004 | Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмически районах |
| Россия | СП 14.13330.2011 | Строительство в сейсмически районах (Актуализированная редакция СНиП II-781*) |
| Россия | СП 14.13330.2014 | Строительство в сейсмически районах (Актуализированная редакция СНиП II-781*) |
| Россия | СП 14.13330.2018 | Строительство в сейсмически районах (Актуализированная редакция СНиП II-781*) |
| Россия | СП 358.1325800.2017 | Сооружения гидротехнические. Правила проектирования и строительства в сейсмически районах |
| Россия | МГСН 4.19.05 | МГСН |
| Россия | НП-031-01 | Нормы проектирования сейсмостойкости атомных станций |
| Украина | ДБН В.1.1-12:2006 | Строительство в сейсмически районах (Украина) |
| Украина | ДБН В.1.1-12:2014 | Строительство в сейсмически районах (Украина) |
| Казахстан | СНиП В.1.2-4-99 | Строительство в сейсмически районах |
| Казахстан | СНиП РК 2.03-30-2006 | Строительство в сейсмически районах |
| Казахстан | СП РК 2.03-30-2017 | Строительство в сейсмически районах |
| Армения | СНРА II-2.02.94 | Сейсмическая строительная норма республика Армения |
| Армения | СНРА II-6.02-2006 | Сейсмическая строительная норма республика Армения |
| Азербайджан | АДТН 2.31 | Государственные строительные нормы Азербайджанской Республики |
| Туркменистан | СНТ 2.01.08-99 | Строительство в сейсмически районах Туркменистана |
| Туркменистан | СНТ 2.01.08-99* | Строительство в сейсмически районах Туркменистана |
| Узбекистан | КМК 2.01.03-96 | Строительство в сейсмически районах Узбекистана |
| Кыргызия | СНиП КР 20.02.2009 | Строительство в сейсмически районах Кыргызия |
| Таджикистан | СНиП РТ 22-07-2015/2018 | Строительство в сейсмически районах Таджикистана |
| | | Сейсмика по акселерограмме |
| | | Сейсмика по акселерограмме (3 компонента) |
| | | Сейсмика по акселерограмме (6 компонент) |

Рис. 4. Сейсмические нормы, реализованные в SCAD++

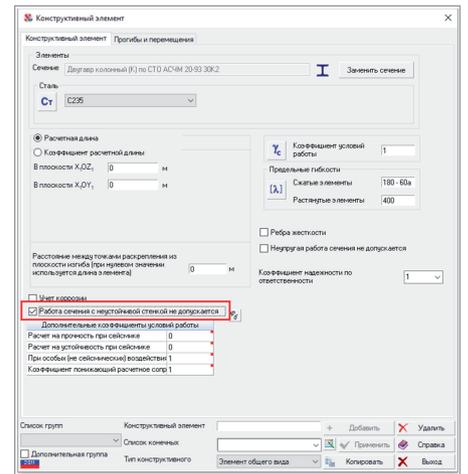


Рис. 6. Настройка учета редуцированной стенки в окне задания исходных данных конструктивной группы стального элемента (SCAD++)

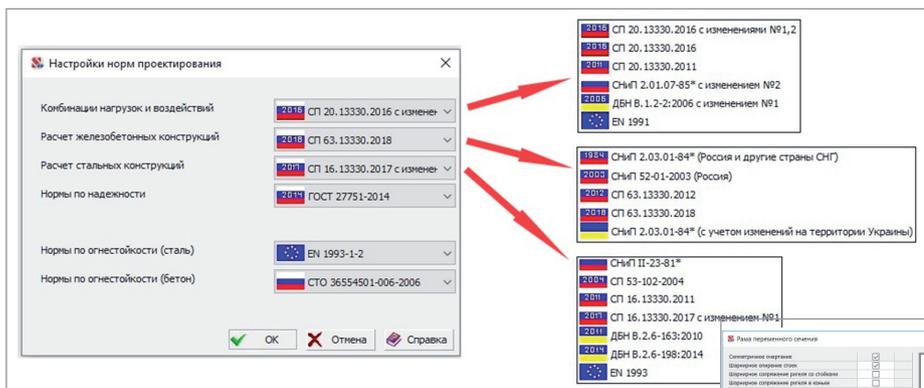


Рис. 5. Нормы, реализованные в SCAD++

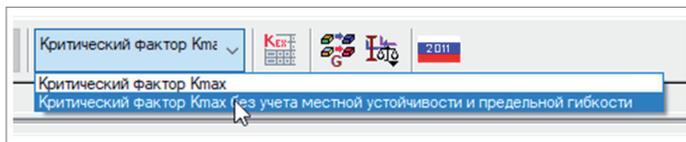


Рис. 7. Настройка вывода результатов расчета стальных элементов без учета местной устойчивости (SCAD++)



Рис. 8. Возможности моделирования рам переменного сечения (SCAD++)

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

- СП 14.13330.2018 (сейсмика, РФ);
- СП РК 2.03-30-2017* (сейсмика с изменениями, Казахстан);
- ГНиП РТ 22-07-2015/2108 (сейсмика, Таджикистан);
- СП 358.1325800.2017 (сейсмика для гидротехнических сооружений, РФ);
- СП 63.13330.2018 (железобетонные конструкции, РФ);
- СТО 36554501-006-2006 (огнестойкость железобетонных конструкций, РФ);
- EN 1993-1-2:2005 (огнестойкость стальных конструкций, Eurocode);
- изменения № 1 и 2 к СП 20.13330.2016 (нагрузки и воздействия, РФ);
- изменение № 1 к СП 16.13330.2017 (стальные конструкции, РФ);
- изменение № 1 к СП 64.13330.2011, а также изменения № 1 и 2

- к СП 64.13330.2017 (деревянные конструкции, РФ);
- СП 296.1325800.2017 (особые воздействия, РФ);
- СП 385.1325800.2018 (прогрессирующее обрушение, РФ);
- СП 427.1325800.2018 (усиление каменных и армокаменных конструкций, РФ);
- изменение № 2 к СП 24.13330.2011 (свайные фундаменты, РФ).

Новые возможности по расчетам конструкций:

- при расчете элементов стальных конструкций реализованы проверки местной устойчивости стенок и полков с учетом детального анализа нормальных напряжений в сечении;
- реализация расчета устойчивости с учетом редуцированной стенки согласно п. 7.3.6 и п. 9.4.6 СП 16.13330

- позволяет обосновывать более экономичные решения в проектах стальных конструкций (рис. 6);
- для предварительных расчетов в SCAD++ предусмотрена возможность выводить критический фактор без учета местной устойчивости и предельной гибкости (рис. 7);
- в SCAD++ реализован стержневой конечный элемент переменного сечения и прототип однопролетной рамы из сварных двутавров переменного сечения (рис. 8);
- поскольку в СП 16.13330 отсутствуют указания по расчету элементов переменного сечения, то при дроблении стержней переменного сечения предложена возможность произвести замену стержнями постоянного сечения и выполнить проверку такой модели на соответствие нормам, а так-

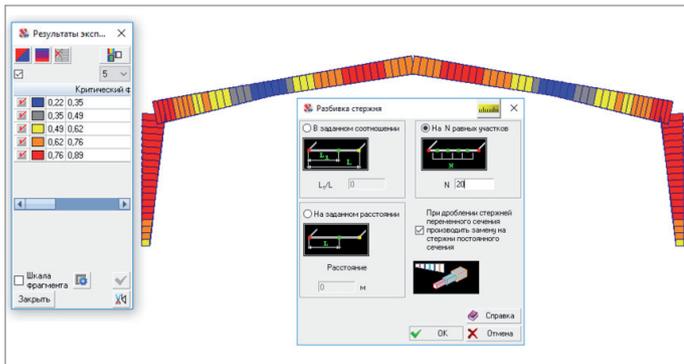


Рис. 9. Окно разбивки элементов переменного сечения и результаты проверки по СП 16.13330 (SCAD++)

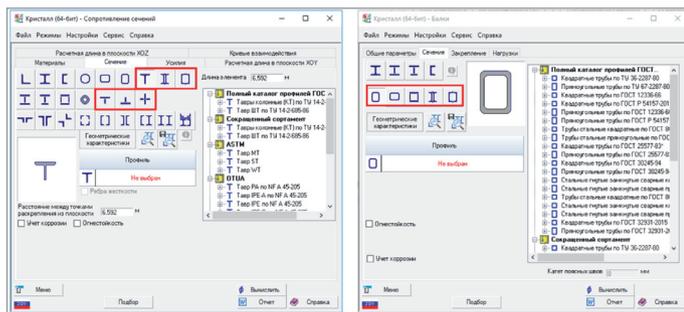


Рис. 10. Новые типы сечений в программе КРИСТАЛЛ

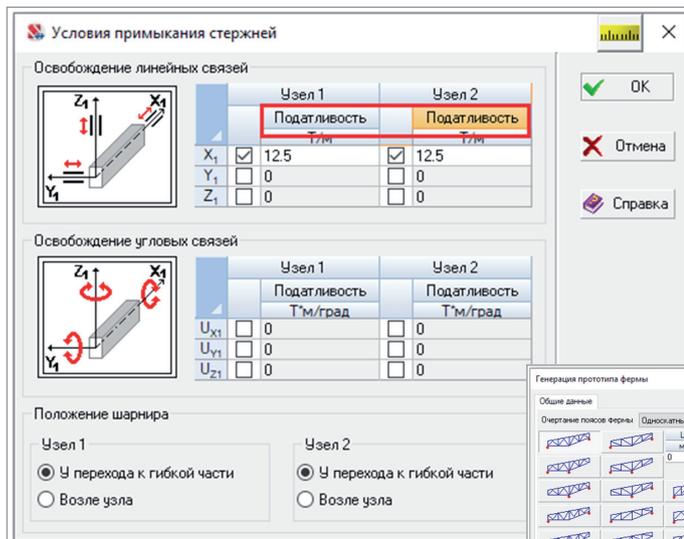


Рис. 11. Окно задания шарниров в стержнях (SCAD++)

Рис. 14. Прототипы ферм в SCAD++

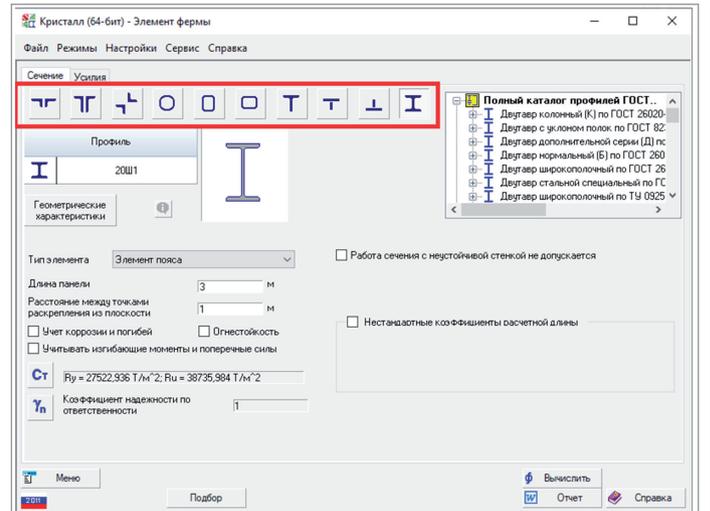


Рис. 12. Окно задания данных об элементах ферм в программе КРИСТАЛЛ

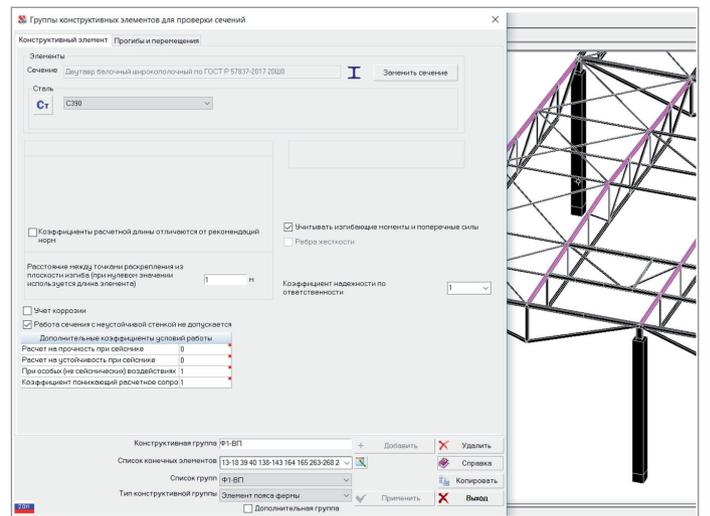
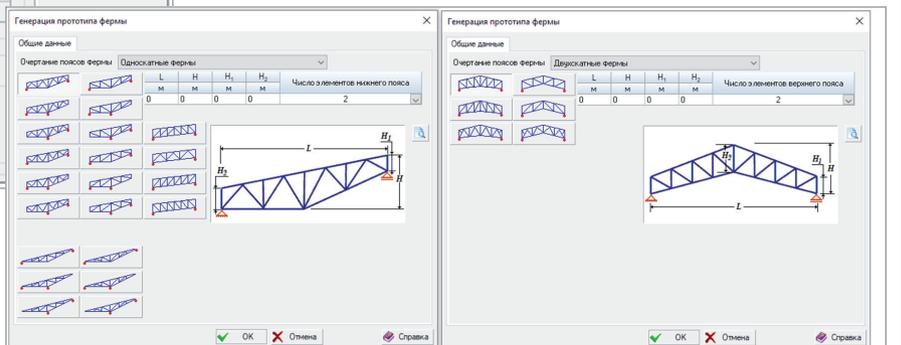


Рис. 13. Окно задания исходных данных в конструктивной группе стального элемента типа "Элемент пояса фермы" с учетом изгибающих моментов и поперечных сил (SCAD++)



же выполнять проверку элементов по СП 16.13330 с учетом рекомендаций, имеющихся в технической литературе (рис. 9);

- расширен набор типов сечений при проверках элементов стальных конструкций: прокатные и параметрические тавры, в режиме "Сопротивление сечений" программы КРИСТАЛЛ –

составные сечения из двух швеллеров (двутавр или короб), в режиме "Балка" и "Неразрезная балка" программы КРИСТАЛЛ – составные сечения из двух швеллеров (двутавр или короб), коробчатые прокатные и составные сечения (рис. 10);

- добавлена возможность задавать упругие шарниры (рис. 11);

- для элементов стальных ферм добавлена возможность использования прокатных и сварных тавров и прокатных двутавров (рис. 12);
- для элементов ферм добавлена возможность расчета с учетом изгибающих моментов и поперечных сил (рис. 13);
- расширен список прототипов ферм в SCAD++ (рис. 14);



| Количество закреплений скатного пояса в пролете | Вид нагрузки в пролете | Эпюра M | Повс. к которому приложена нагрузка |
|---|------------------------------------|---------|-------------------------------------|
| Без закреплений | Сосредоточенная | | Скатый |
| Без закреплений | Сосредоточенная | | Растянутый |
| Без закреплений | Равномерно распределенная | | Скатый |
| Без закреплений | Равномерно распределенная | | Растянутый |
| Два и более, делящие пролет на равные части | Любая | | Любой |
| Одно в середине | Сосредоточенная в середине | | Любой |
| Одно в середине | Сосредоточенная в четверти | | Скатый |
| Одно в середине | Сосредоточенная в четверти | | Растянутый |
| Одно в середине | Равномерно распределенная | | Скатый |
| Одно в середине | Равномерно распределенная | | Растянутый |
| Без закреплений | Сосредоточенная на конце к консоли | | Скатый |
| Без закреплений | Сосредоточенная на конце к консоли | | Растянутый |
| Без закреплений | Равномерно распределенная | | Растянутый |

Рис. 15. Выбор правил расчета коэффициента φ_b при задании исходных данных в конструктивных группах стальных элементов (SCAD++)

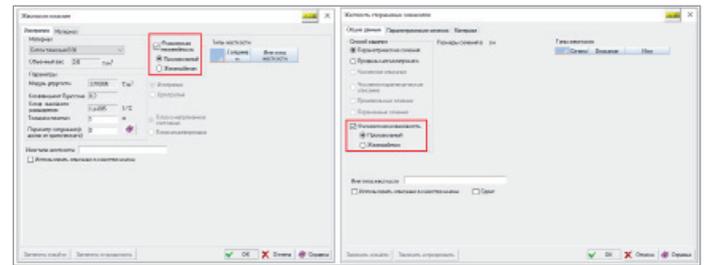


Рис. 16. Окна задания исходных данных о физической нелинейности (SCAD++)

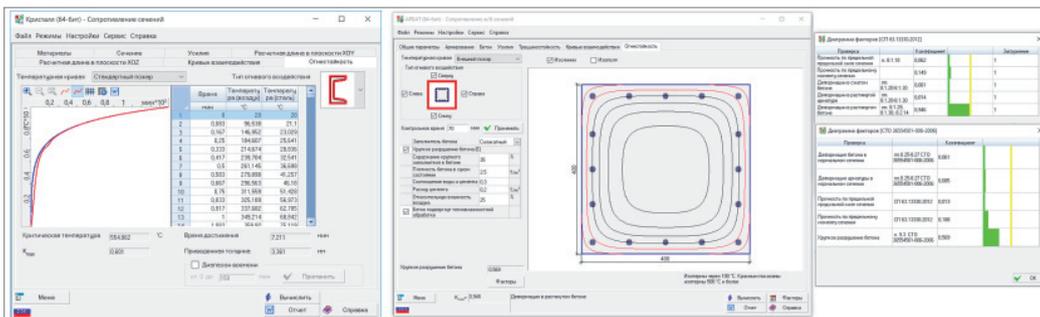


Рис. 17. Реализация расчета на огнестойкость

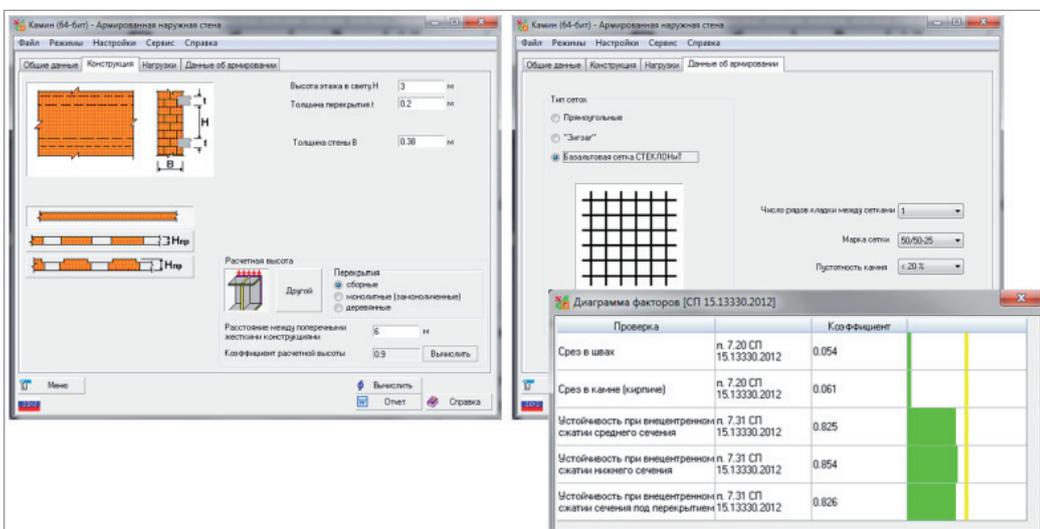


Рис. 18. Расчет стены, армированной базальтовой сеткой СТЕКЛОНИТ, в программе КАМИН

- предоставлен выбор коэффициента φ_b по СП 16.13330 Приложение Ж, что позволяет выполнять более точный расчет по устойчивости плоской формы изгиба и получать более экономичные решения (рис. 15);
- реализована возможность расчета с учетом физической нелинейности

- (произвольный материал и железобетон) для стержневых и пластинчатых элементов (рис. 16);
- в SCAD++, АРБАТ и КРИСТАЛЛ добавлен постпроцессор анализа огнестойкости для железобетонных и стальных конструкций, а для элементов стальных конструкций выво-

- дятся также результаты расчета приведенной толщины металла (рис. 17);
- в программе КАМИН реализован расчет армокаменных конструкций, усиленных базальтовой сеткой СТЕКЛОНИТ по рекомендациям, разработанным ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (рис. 18);

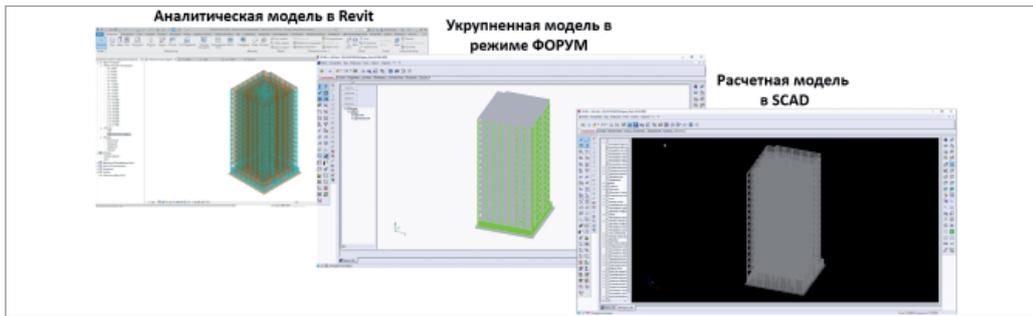


Рис. 19. Реализация обмена данными с Revit (SCAD++)

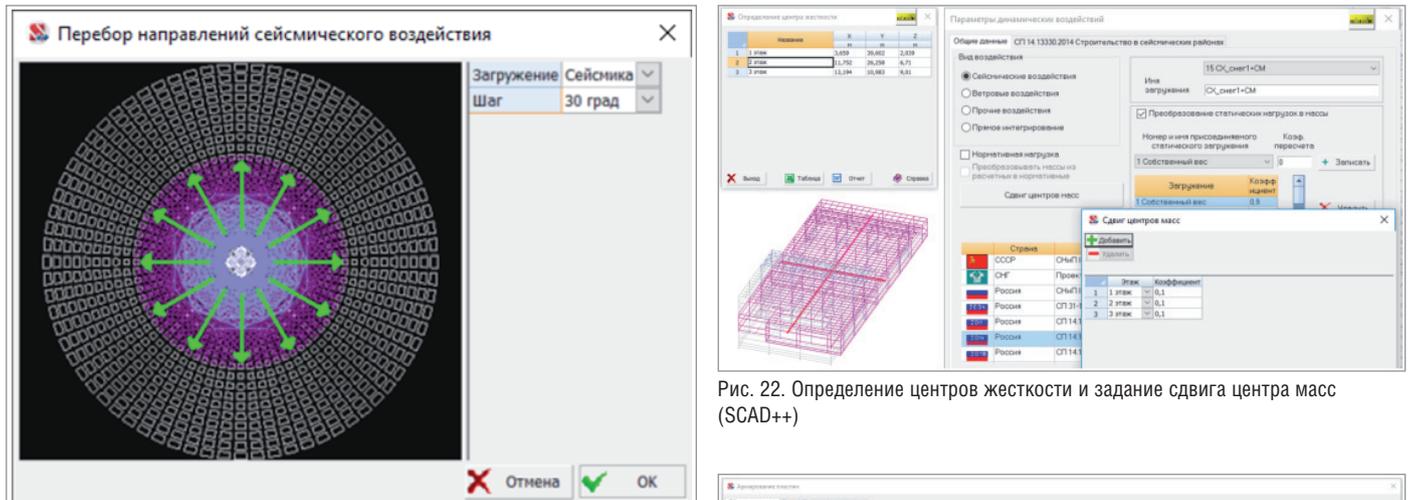


Рис. 22. Определение центров жесткости и задание сдвига центра масс (SCAD++)

Рис. 20. Окно задания перебора направлений сейсмического воздействия (SCAD++)

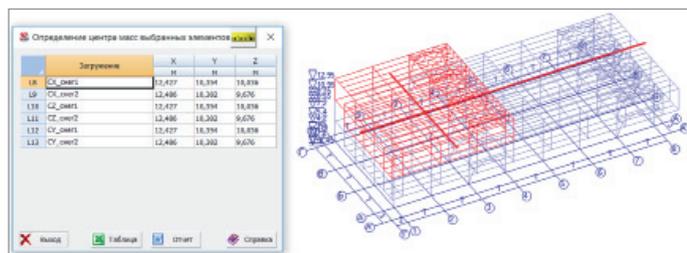


Рис. 21. Определение центра масс для выбранных элементов (SCAD++)

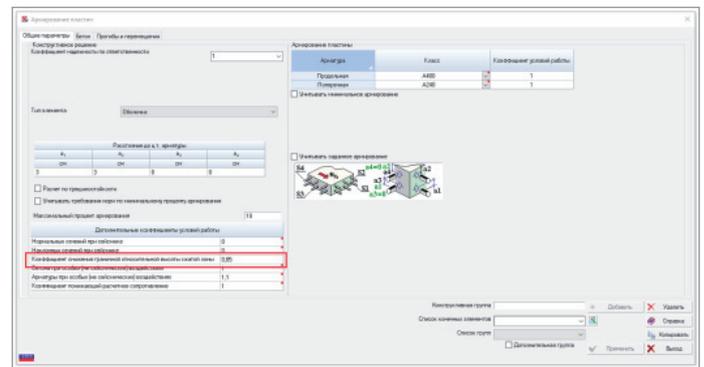


Рис. 23. Окно задания исходных данных для конструктивной группы железобетонного пластинчатого элемента с учетом коэффициента граничной относительной высоты сжатой зоны (SCAD++)

Развитие возможностей взаимодействия с проектирующими BIM-системами:

- добавлены возможности обмена данными с Revit 2019, Revit 2020, ARCHICAD 21, ARCHICAD 22, Tekla 2018, Tekla 2019 (рис. 19);
- расширен и адаптирован к последней версии Tekla файл соответствия базы данных профилей SCAD и Tekla;
- реализована обработка формата IFC физической модели RENGA, что позволяет использовать модели, сохраненные в IFC из RENGA в режиме ФОРУМ SCAD++, в качестве заготовки для построения укрупненной аналитической модели.

Доработки, направленные на улучшение функциональных возможностей интерфейса:

- добавлена возможность перебора направления сейсмического воздействия (рис. 20);
- расширены возможности операции *Определение центра масс*: теперь можно определять центр масс не только всей модели, но и выделенных узлов и/или элементов, что может быть полезно, например, при моделировании поэтажных сейсмических моментов (рис. 21);
- для моделирования поэтажных сейсмических моментов добавлена возможность определения центров

жесткости и сдвига центра масс на заданную величину эксцентриситета (рис. 22);

- реализована возможность использования специальной процедуры работы с формами колебаний, соответствующими кратным частотам (выполняется поворот суммарного вектора на такой угол, при котором будет максимизирован его вклад в общую динамическую реакцию конструкции);
- для железобетонных пластинчатых элементов при наличии сейсмических воздействий добавлена возможность учета коэффициента граничной относительной высоты сжатой зоны (рис. 23);

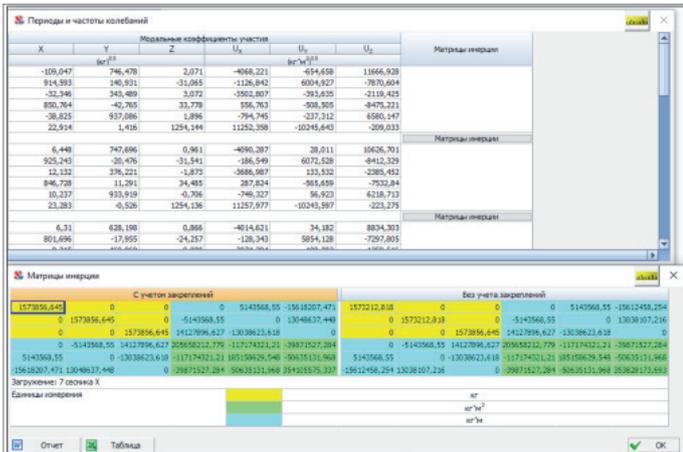


Рис. 24. Окна анализа периодов и частот колебаний, а также матрицы инерции (SCAD++)

| Максимально допустимые перемещения и прогибы | Относительные | | Абсолютные | |
|---|----------------|--|------------|--|
| | к _L | | мм | |
| вертикальный прогиб от всех нагрузок | 0,00667 | | 0,7 | |
| вертикальный прогиб от постоянных и длительных | 0,00667 | | 0,7 | |
| вертикальный прогиб только для временных нагр | 0,00667 | | 0,7 | |
| вертикальные перемещения от всех нагрузок | Не ограничены | | 150 | |
| вертикальные перемещения от постоянных и дл | 0,00667 | | 0,7 | |
| вертикальные перемещения от временных нагр | 0,00667 | | 0,7 | |
| горизонтальный прогиб от всех нагрузок | 0,00667 | | 0,7 | |
| горизонтальный прогиб от постоянных и длите | 0,00667 | | 0,7 | |
| горизонтальный прогиб только для временных нагр | 0,00667 | | 0,7 | |
| горизонтальные перемещения от всех нагрузок | 0,00667 | | 0,7 | |
| горизонтальные перемещения от постоянных и | 0,00667 | | 0,7 | |
| горизонтальные перемещения только для врем | 0,00667 | | 0,7 | |

Рис. 27. Вкладка задания информации о допустимых перемещениях или прогибах в окне задания исходных данных стального конструктивного элемента (SCAD++)

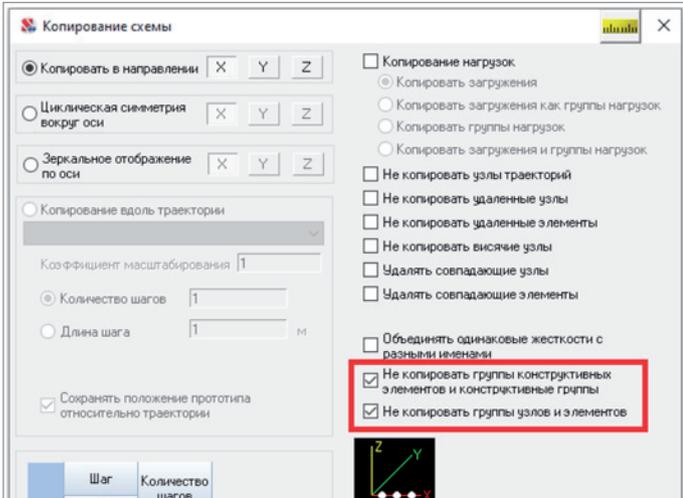


Рис. 25. Окно настроек копирования схемы с новыми возможностями (SCAD++)

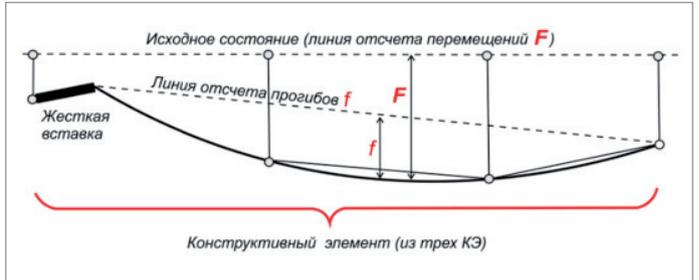


Рис. 28. Схема к расчету прогибов конструктивного элемента (SCAD++)

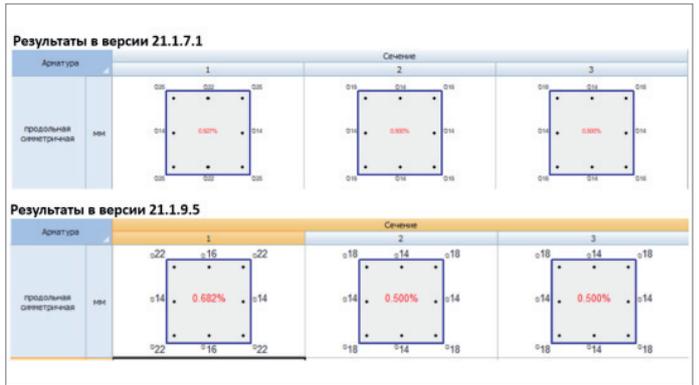


Рис. 29. Улучшения по расчету и отображению арматуры (SCAD++)

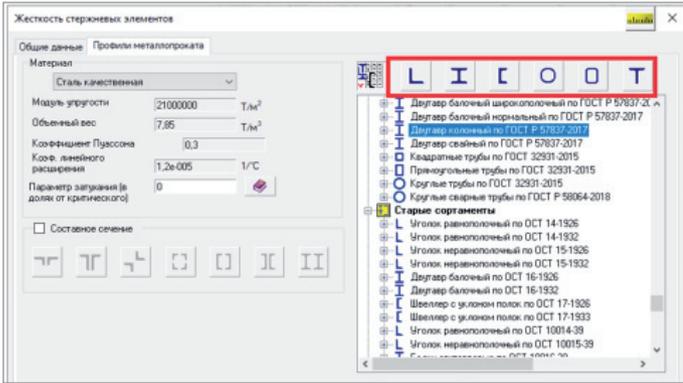


Рис. 26. Окно задания профилей металлопроката с фильтрами профилей (SCAD++)

- в таблице с частотами и периодами колебаний выводятся модальные коэффициенты участия, а для сейсмических нагружений можно получить матрицы инерционных характеристик модели как жесткого целого (рис. 24);
- при копировании схемы или фрагмента схемы можно отказаться от копирования групп узлов/элементов и конструктивных элементов (рис. 25);
- при назначении сечений по сортаментам добавлены фильтры, позволяющие ускорить выбор нужного профиля (рис. 26);
- в конструктивных элементах и группах конструктивных элементов (сталь и железобетон) добавлена возможность получать факторы по максимальным горизонтальным перемещениям, вертикальным и горизонтальным прогибам, а ввод исходных данных выведен в отдельную вкладку (рис. 27);
- для конструктивных элементов разработаны проверки по относительным прогибам (рис. 28);
- оптимизирован подбор арматуры по минимальному проценту армирования (в версии 21.1.7.1 для недогруженных элементов при подборе могло получиться завышенное армирование), увеличены шрифты в изображениях арматуры в сечении (рис. 29);

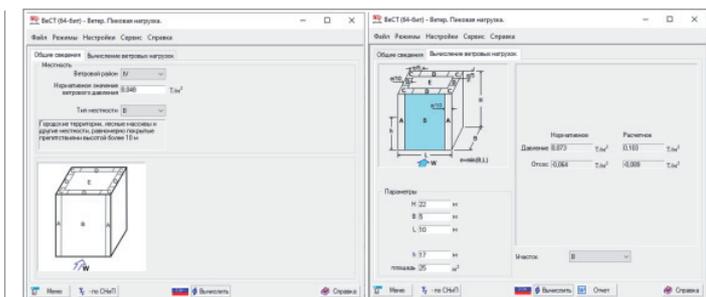


Рис. 36. Расчет пиковой ветровой нагрузки в программе VeCT

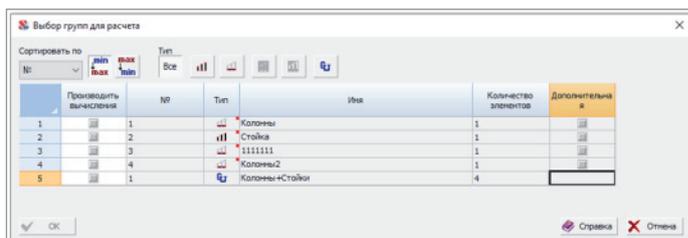


Рис. 40. Новые возможности выбора групп унификации при расчете конструктивных групп стальных элементов (SCAD++)

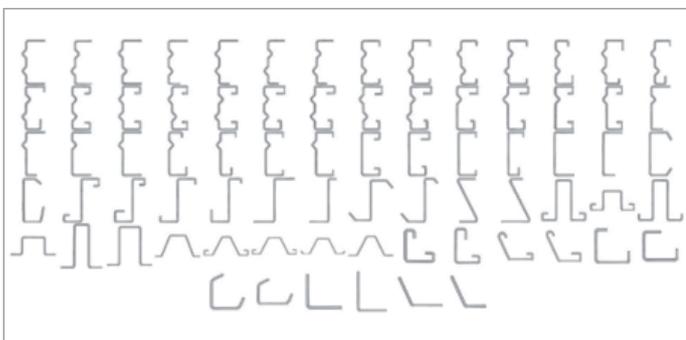


Рис. 37. Расширение стандартных профилей в программе ТОНУС

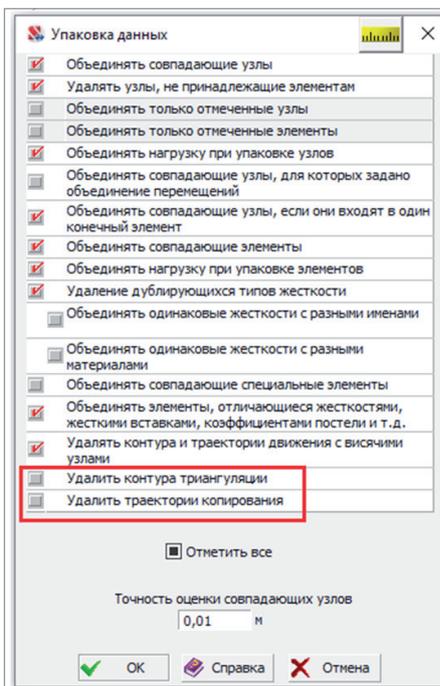


Рис. 41. Новые возможности упаковки данных (SCAD++)

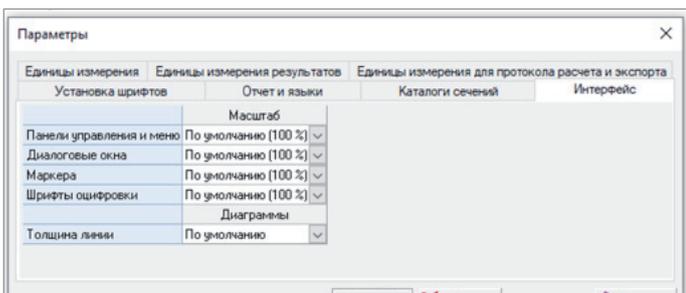


Рис. 38. Новые возможности настройки интерфейса (SCAD++)



Рис. 42. Управление стадиями монтажа (SCAD++)

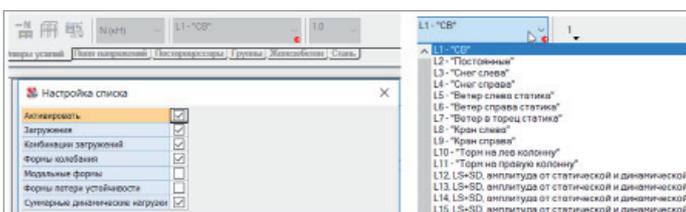


Рис. 39. Новые настройки фильтрации загрузжений (SCAD++)

- добавлен расчет *Ветер. Пиковая нагрузка* по СП 20.13330 (рис. 36);
- в программе ТОНУС для произвольных сечений появилась возможность отрисовки эпюр статических секториальных моментов и статических моментов относительно главных осей инерции, а также эпюр касательных и эквивалентных напряжений; кроме того, существенно расширен набор стандартных сечений (рис. 37);
- во всех приложениях появилась возможность масштабирования элемен-

- тов интерфейса пользователя, предназначенная для настроек при работе на HiDPI-мониторах (рис. 38);
- реализована возможность произвести настройку и скрыть в списке результатов расчета по загрузжениям отдельные типы данных (например, скрыть формы колебаний, комбинации загрузжений и т.п.) щелчком правой кнопкой мыши на списке *Выбор загрузжений* (рис. 39);
- при выборочном расчете конструктивных групп стальных элементов

- стало возможным выбирать как конструктивные группы, так и группы унификации (рис. 40);
- при упаковке данных появилась возможность удалять контуры триангуляции и траектории копирования (рис. 41);
- для режима "Монтаж" добавлена операция *Управление стадиями монтажа*, в которой можно в текстовом виде редактировать списки добавленных/удаленных элементов (рис. 42);

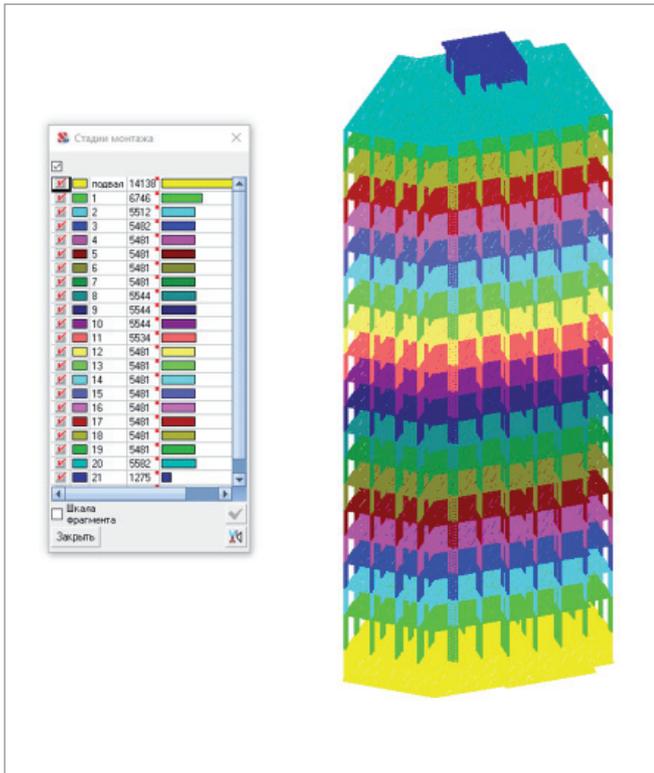


Рис. 43. Цветовая шкала стадий монтажа

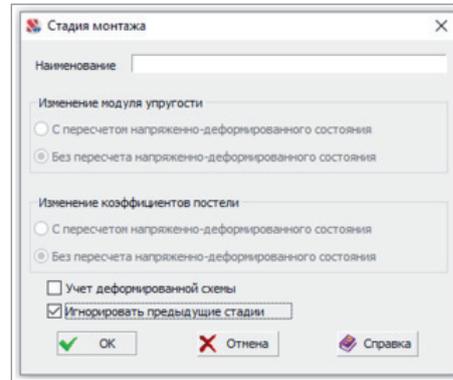


Рис. 45. Окно настроек стадии монтажа с возможностью игнорирования напряженно-деформированного состояния предыдущих стадий (SCAD++)

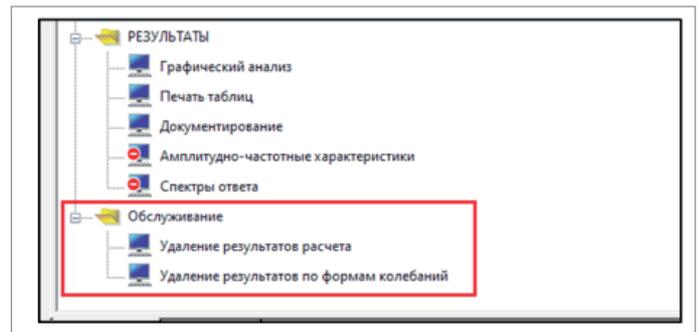


Рис. 46. Новые возможности в дереве проекта (SCAD++)

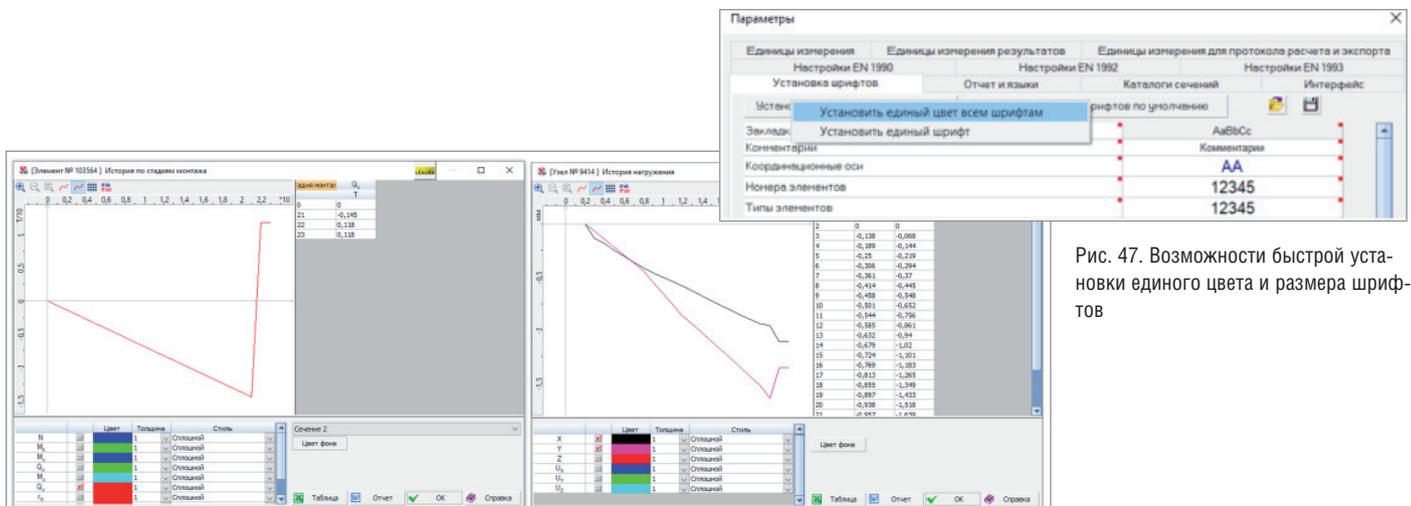


Рис. 44. Графики изменения усилий и перемещений для накапливаемого нагружения режима "Монтаж" (SCAD++)

Рис. 47. Возможности быстрой установки единого цвета и размера шрифтов

- реализована цветовая шкала стадий монтажа (рис. 43);
- для накапливаемого нагружения можно посмотреть графики изменений перемещений/усилий/напряжений из *Информации об узле/элементе*, а для накапливаемого нагружения доступна анимация изменений состояния модели (рис. 44);
- в режиме "Монтаж" реализована возможность игнорировать (начиная с определенной стадии) напряженно-деформированное состояние пре-

- дыдущих стадий и тем самым получить вариации моделей монтажа (рис. 45);
- в дерево проекта добавлены режимы, позволяющие удалить все результаты расчета или, удалив результаты расчета по формам колебаний, оставить только результаты суммарных перемещений/усилий/... (рис. 46);
- в настройках шрифтов появилась возможность быстрой установки единого цвета и размера шрифтов (рис. 47);

- плагины на JScript получили доступ к PCY и факторам, вычисленным при экспертизе стальных и железобетонных элементов, а также к данным о результатах подбора арматуры;
- увеличена скорость работы солвера PARFES.

Андрей Теплых,
Руслан Ожогин
www.scadsoft.com