ПАРИС

Руководство пользователя

ООО «ПАРИС СОФТ»
www.paris-app.ru

2026

ПАРИС – программа автоматизированного расчета искусственных сооружений, состоящая из следующих модулей: «Базовый» (основной модуль), «Спецнагрузки» (раздел 2.10), «Подвижные нагрузки» (раздел 2.11), «Динамика» (раздел 2.12, 2.14), «Стадии монтажа» (раздел 2.16), «Мастер конструкций» (раздел 3), «Нелинейность» (раздел 2.17), «Проверки» (раздел 5).

Руководство пользователя содержит обширную информацию по графическому интерфейсу и внутреннему устройству программы ПАРИС (v. 1.6). Руководство пользователя является дополнением к справочной системе внутри ПАРИС.

Руководство пользователя применяется для ознакомления с функционалом программы и ее алгоритмами, используемыми при решении различных задач. Руководство содержит информацию по установке программы на персональные компьютеры, библиотеке конечных элементов, созданию расчетных моделей, установке граничных условий, загружению статическими и подвижными нагрузками, выполнению расчета.

Также в руководстве содержится информация о проверках по нормам проектирования, которые поддерживает программа. В программе реализованы проверки стальных, железобетонных и сталежелезобетонных элементов, свайных и массивных оснований мостовых конструкций.

Руководство пользователя предназначено широкому кругу читателей – студентам строительных факультетов вузов и университетов, инженерам-проектировщикам, экспертам государственных и негосударственных экспертиз, аспирантам и научным работникам.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ 9
1.1 Технические требования 9
1.2 Регистрация пользователя 9
1.3 Работа в личном кабинете 9
1.4 Установка ПАРИС 12
1.5 Защита ПАРИС 12
1.6 Распознавание файлов ввода/вывода 12
1.7 Первый запуск 13
1.8 Окно настроек 13
1.8.1 Вкладка «Общее» 14
1.8.2 Вкладка «Системные величины» 15
1.8.3 Вкладка «Параметры расчета» 16
1.8.4 Вкладка «Отображение модели» 16
1.8.5 Вкладка «Отображение элементов» 17
1.8.6 Применение настроек 17
1.9 Документация 18
2 ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА. СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ 20
2.1 Основные элементы интерфейса 20
2.2 Создание новой модели 23
2.3 Сохранение модели 23
2.4 Открытие модели 24
2.5 Импорт / экспорт 24
2.5.1 Импорт данных 24
2.5.2 Экспорт данных 27
2.6 Работа с узлами и элементами 29
2.6.1 Добавить узел 30
2.6.2 Переместить узел 31
2.6.3 Копировать узел 32

2.6.4 Повернуть узел ... 34
2.6.5 Отразить узел ... 35
2.6.6 Разделить узел ... 36
2.6.7 Спроецировать узел ... 36
2.6.8 Удалить узел ... 37
2.6.9 Перенумеровать узел ... 38
2.6.10 Добавить элемент ... 38
2.6.11 Переместить элемент ... 39
2.6.12 Копировать элемент ... 41
2.6.13 Повернуть элемент ... 42
2.6.14 Отразить элемент ... 43
2.6.15 Разделить элемент ... 44
2.6.16 Объединить элемент ... 45
2.6.17 Выдавить элемент ... 46
2.6.18 Обновить элемент ... 47
2.6.19 Перенумеровать элемент ... 47
2.6.20 Найти или удалить дубликаты элементов ... 48
2.6.21 Удалить элемент ... 48
2.6.22 Группы геометрии ... 49
2.6.23 Группы сечений ... 49
2.7 Свойства ... 50
2.7.1 Новый материал ... 50
2.7.2 Новый грунт ... 51
2.7.3 Группы грунтов ... 52
2.7.4 Новое простое сечение ... 52
2.7.5 Новое произвольное сечение ... 69
2.7.6 Новое составное сечение ... 70
2.7.7 Новое переменное сечение ... 71
2.7.8 Смещение сечения ... 72
2.7.9 Менеджер сечений ... 74

2.7.10 Толщина 75
2.7.11 Армирование 76
2.8 Связи и граничные условия 78
2.8.1 Опоры 78
2.8.2 Шарниры 79
2.8.3 Линейные одноузловые связи 80
2.8.4 Нелинейные одноузловые связи 81
2.8.5 Линейные двухузловые связи 82
2.8.6 Нелинейные двухузловые связи 83
2.8.7 Жесткие связи 85
2.8.8 Группы связей 86
2.8.9 Группы связей Буссинеска 87
2.9 Статические нагрузки 88
2.9.1 Вариант статического загружения 88
2.9.2 Собственный вес 89
2.9.3 Узловые нагрузки 90
2.9.4 Узловые перемещения 91
2.9.5 Нагрузки на балку 92
2.9.6 Нагрузки на поверхность 93
2.9.7 Температурные нагрузки 94
2.9.8 Преднатяжение 95
2.10 Спецнагрузки 96
2.10.1 Нагрузка от навала судов 97
2.10.1 Ледовая нагрузка 98
2.10.2 Ветровая нагрузка 100
2.10.3 Давление грунта 104
2.11 Подвижные нагрузки 105
2.11.1 Транспортное средство (ТС) 105
2.11.2 Автодорожная нагрузка 106

2.11.3 Железнодорожная нагрузка 108
2.11.4 Пешеходная нагрузка 108
2.11.5 Дополнительные параметры ТС 108
2.11.6 Каталог транспортных средств 109
2.11.7 Линия движения 109
2.11.8 Поверхность движения 110
2.11.9 Вариант загружения подвижной нагрузкой 111
2.12 Сейсмические нагрузки 112
2.12.1 Задание параметров спектра отклика 112
2.12.2 Задание загружения сейсмической нагрузкой 115
2.13 Сочетания нагрузок 116
2.14 Собственные колебания 118
2.14.1 Узловые массы 118
2.14.2 Задание расчета 119
2.14.3 Результаты расчета 120
2.15 Устойчивость 121
2.16 Стадии монтажа 122
2.16.1 Задание стадии 122
2.16.2 Расчет модели со стадиями загружения 125
2.16.3 Результаты расчета по стадиям 126
2.17 Нелинейный анализ 126
2.18 Возможности графических инструментов 129
2.18.1 Панель быстрого доступа 129
2.18.2 Вкладка ленты Вид 129
2.18.3 Панель графических инструментов 130
2.18.4 Обозреватель модели 131
2.18.5 Табличное редактирование 137
3 МОДУЛЬ МАСТЕР КОНСТРУКЦИЙ 140
3.1 Опора 140
3.1.1 Вкладка «Ярусы опоры» 141

3.1.2 Вкладка «Грунтовые слои» 144
3.1.3 Создание модели 145
3.2 Балочное ПС 145
3.2.1 Вкладка «Балки» 147
3.2.2 Вкладка «Поперечное объединение» 148
3.2.3 Вкладка «Связи»: 152
3.2.4 Вкладка «Армирование» 153
3.2.5 Вкладка «Нагрузки» 154
3.2.6 Создание модели 155
3.3 Открытый API 155
4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА 157
4.1 Визуализация результатов расчета 157
4.1.1 Результаты по реакциям 158
4.1.2 Результаты по узлам 158
4.1.3 Результаты по стержневым элементам. Внутренние усилия 159
4.1.4 Результаты по стержневым элементам. Напряжения 160
4.1.5 Результаты по стержневым элементам. Эпюры внутренних усилий .. 161
4.1.6 Результаты по стержневым элементам. Эпюры напряжений 163
4.1.7 Результаты по плитным элементам. Узловые внутренние усилия 164
4.1.8 Результаты по плитным элементам. Погонные внутренние усилия ... 165
4.1.9 Результаты по плитным элементам. Напряжения 167
4.1.10 Результаты форм колебаний 168
4.1.11 Табличный просмотр результатов 168
4.2 Визуализация подвижной нагрузки 169
4.2.1 Линия влияния реакций. Положение ТС 171
4.2.2 Поверхность влияния реакций. Положение ТС 172
4.2.3 Линия влияния перемещений. Положение ТС 172
4.2.4 Поверхность влияния перемещений. Положение ТС 173
4.2.5 Линия влияния усилий в стержнях. Положение ТС 174

4.2.6 Поверхность влияния усилий в стержнях. Положение ТС 175
4.2.7 Линия влияния напряжений в стержнях. Положение ТС 176
4.2.8 Поверхность влияния напряжений в стержнях. Положение ТС 177
4.2.9 Линия влияния усилий в плитах. Положение ТС 178
4.2.10 Поверхность влияния усилий в плитах. Положение ТС 179
4.2.11 Линия влияния напряжений в плитах. Положение ТС 180
4.2.12 Поверхность влияния напряжений в плитах. Положение ТС 181
5 МОДУЛЬ ПРОВЕРКИ 182
5.1 Расчет фундаментов опор 183
5.1.1 Массивный фундамент 185
5.1.2 Свайный фундамент 186
5.2 Расчет бетонных и железобетонных конструкций 189
5.3 Расчет нормального сечения 190
5.4 Диаграммный метод расчёта железобетонных сечений 194
5.4.1 Вкладка «Сечение» 195
5.4.2 Вкладка «Параметры расчета» 196
5.4.3 Вкладка «Кривые взаимодействия» 197
5.5 Расчет наклонного сечения 198
5.5.1 Вкладка «Группа» 199
5.5.2 Вкладка «Параметры расчета» 199
5.6 Расчет металлических и сталежелезобетонных сечений 200
5.6.1 Вкладка «Сечение» 201
5.6.2 Вкладка «Параметры расчета» 201

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ

1.1 Технические требования

Требования к техническим средствам в отличие от многих аналогичных программ не зависят от объема решаемых с применением ПАРИС задач. Все основные расчеты выполняются на высокопроизводительном сервере. Ниже приведены минимальные и рекомендуемые требования к аппаратному обеспечению для функционирования ПАРИС.

Таблица 1.1. Минимальные и рекомендуемые требования

Параметр	Минимальные	Рекомендуемые
Операционная система	Windows 8.1x64	Windows 11x64
Процессор	Core 2 Quad 2,3GHz	Core i5 3,4GHz
Память ОЗУ	2 Гб и более	8 Гб и более
Видеоадаптер	-	-
Свободное место на диске для инсталляции программы	100 Мб	
Свободное место на диске для рабочих файлов	Не менее 100 Мб	

1.2 Регистрация пользователя

Для работы в ПАРИС каждый пользователь должен пройти регистрацию на сайте https://paris-app.ru/. Для регистрации необходимо указать имя, фамилию, адрес электронной почты, номер телефона, задать пароль (см. Рисунок 1.1). После подтверждения номера телефона и адреса электронной почты пользователь будет зарегистрирован в системе ПАРИС.

1.3 Работа в личном кабинете

После регистрации пользователю станет доступен Личный кабинет по адресу https://paris-app.ru/manage, в котором происходит управление личными данными, лицензиями, конечно-элементными моделями и заявками. В Личном кабинете новый пользователь может запросить демо доступ к программе ПАРИС на 14 дней бесплатно.

После регистрации пользователю также станет доступно скачивание программы ПАРИС со страницы https://paris-app.ru/download/.

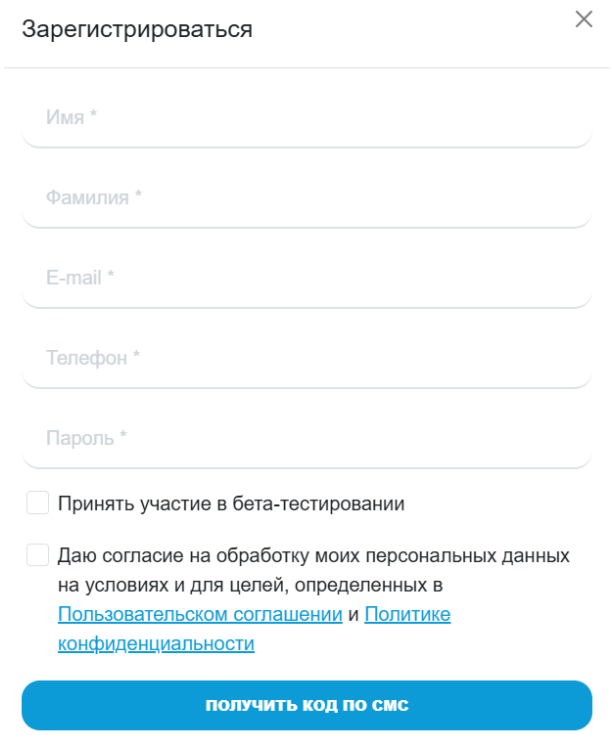


Рисунок 1.1 – Форма регистрации пользователя на сайте https://paris-app.ru

В личном кабинете доступны следующие вкладки:

- Общие данные (см. Рисунок 1.2);
- Мои модели (см. Рисунок 1.3);
- Мои заявки (см. Рисунок 1.4).

На вкладке «Общие данные» в разделе «Субъекты пользователя» пользователю доступен список организаций, в которых он состоит и которые имеют лицензию ПАРИС. Каждый пользователь может самостоятельно активировать нужную лицензию из доступных организаций (галочка слева от названия организации).

Пользователь, выступающий в роли администратора организации, имеет доступ к просмотру и редактированию данных организации, созданию новых лицензий и управлению пользователями организации. Администратор также может изменять список пользователей организации, привязанных к той или иной лицензии.

На вкладке «Мои модели» пользователю доступен просмотр истории его расчетов, скачивание и удаление моделей.

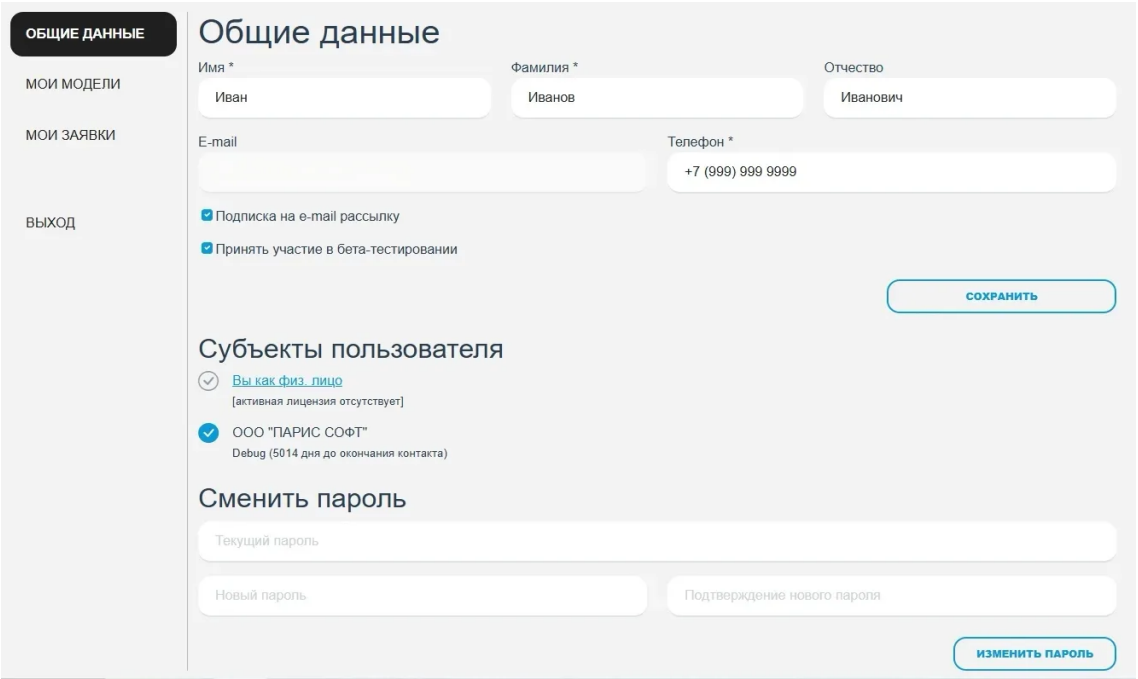


Рисунок 1.2 – Настройки профиля на сайте https://paris-app.ru

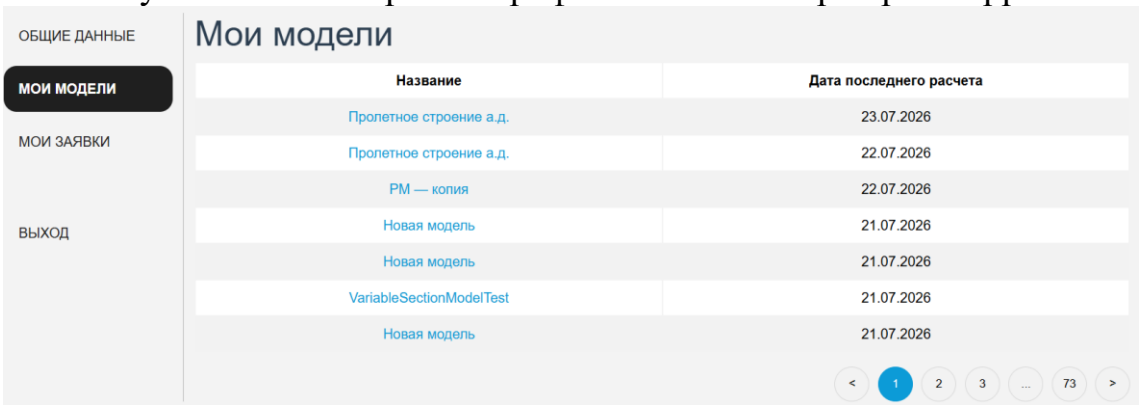


Рисунок 1.3 – Модели пользователя на сайте https://paris-app.ru

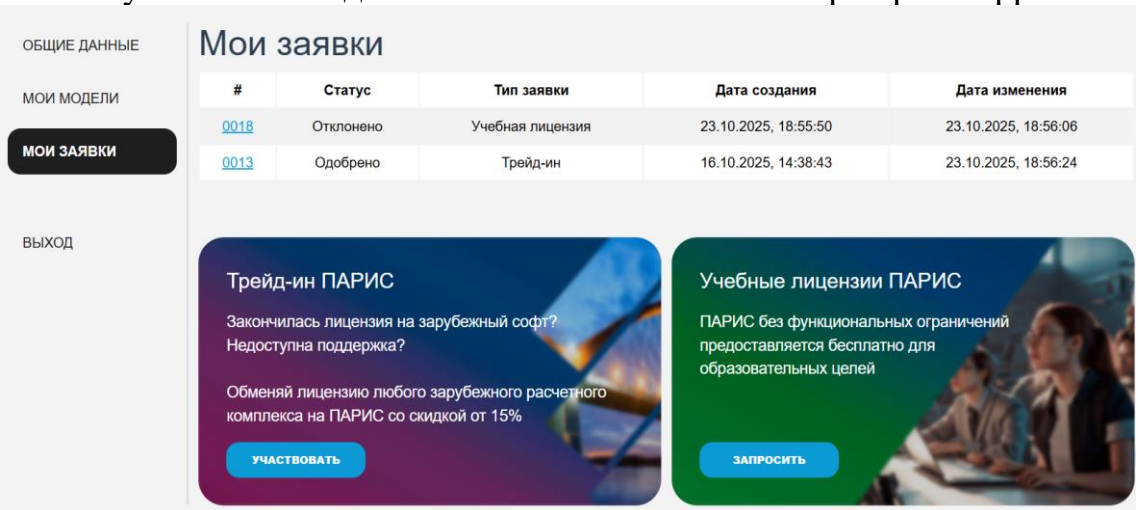


Рисунок 1.4 – Заявки пользователя на сайте https://paris-app.ru

1.4 Установка ПАРИС

Программа установки (скачать можно со страницы https://paris-app.ru/download/) выполняет все необходимые действия для быстрого развертывания программы ПАРИС на персональном компьютере пользователя.

Для установки программы необходимо запустить файл ParisSetup.msi. При запуске файла ParisSetup.msi возможна блокировка открытия брандмауэром Windows 10, о чем будет оповещено всплывающим сообщением. Необходимо разрешить запуск. По умолчанию установка будет выполнена в папку C:\Users\user\AppData\Roaming\Paris (user – индивидуальное имя пользователя компьютера). Выполните запуск программы установки кнопкой Установить. После запуска установки на экран выводится процесс состояния установки.

1.5 Защита ПАРИС

Для надежной защиты ПАРИС на условиях, оговоренных при передаче лицензии, за пользователем закрепляется одно или несколько рабочих мест. Идентификация рабочего места происходит при первом запуске программы. Если за пользователем закреплено только одно рабочее место, то попытка запустить программу или выполнить расчет на другом компьютере приведет к блокировке пользователя до выяснения обстоятельств.

1.6 Распознавание файлов ввода/вывода

Ниже приведены типы файлов, пояснены их назначения и процесс создания.

*.prs	Основной файл данных программы ПАРИС. Содержит всю информацию о модели, за исключением результатов расчета.
*.bak	Файл создается автоматически и является резервной копией модели. Чтобы открыть файл достаточно поменять расширение с bak на prs.
*.rs	Файл создается автоматически при выполнении команды расчета и хранит в себе результаты расчета.
*.prspm	Файл для хранения данных о сохраненном модуле конструкции опоры.
*.prssm	Файл для хранения данных о сохраненном модуле конструкции балочного пролетного строения.
*.prspr	Файл для хранения данных об армировании сечения, созданный в модуле Проверки.

1.7 Первый запуск

Для начала работы в программе ПАРИС необходимо ввести логин (адрес электронной почты) и пароль, которые были введены на сайте https://paris-app.ru при регистрации. При совпадении данных, наличии действующей лицензии и зарегистрированного компьютера все доступные пользователю функции и модули автоматически активируются. Команда авторизации расположена главном меню программы: Файл → Учетная запись → Войти (см. Рисунок 1.5). При повторном запуске данные будут заполняться автоматически.

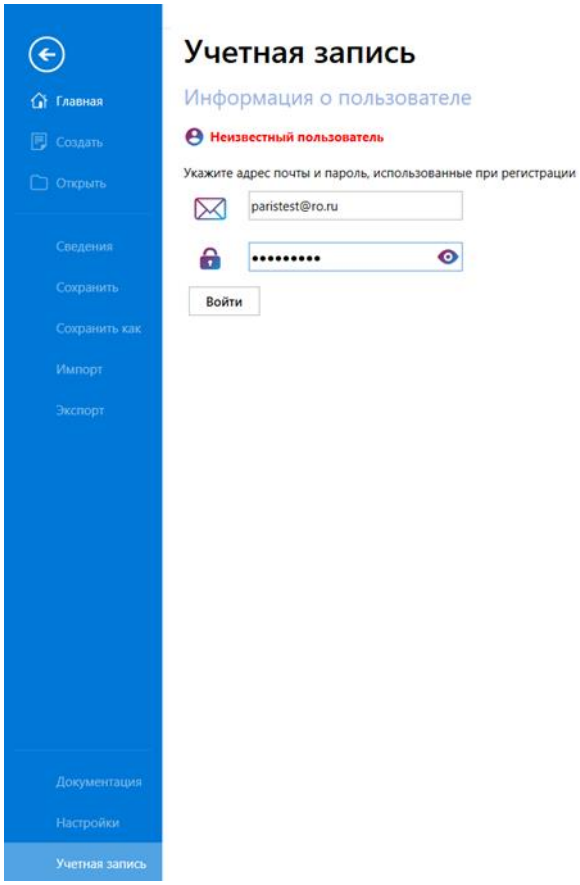


Рисунок 1.5 – Вход пользователя в ПАРИС

1.8 Окно настроек

Для открытия окна настроек необходимо воспользоваться командой меню: Файл → Настройки. Окно настроек предназначено для настройки параметров интерфейса, единиц измерения, параметров расчета, визуализации модели и отображения элементов. Окно состоит из четырех вкладок:

- Общие – настройки языка интерфейса, темы оформления, автосохранения и других общих параметров;
- Единицы измерения – настройки единиц измерения длины и силы, допуска и формата отображения значений;
- Отображение модели – настройки отображения вспомогательных элементов в окне визуализации модели;
- Отображение элементов – настройки цветов и размеров элементов модели, связей, нагрузок и линий влияния.

1.8.1 Вкладка «Общее»

Вкладка «Общее» содержит следующие настройки (см. Рисунок 1.6):

- Язык – язык интерфейса программы. Доступны варианты: Русский, Английский.
- Тема – тема оформления интерфейса: системная, светлая, темная.
- Тип релиза – тип версии программы для загрузки обновлений (Релиз, Бета). Доступен для пользователей, согласившихся участвовать в бета тестировании. Параметр можно изменить в личном кабинете на сайте.
- Автосохранение – необходимость автоматического сохранения проекта. При включенном автосохранении проект сохраняется через заданный интервал времени.
- Период автосохранения – интервал времени между автоматическими сохранениями в минутах (минимум 1).
- Максимальное количество недавних файлов – максимальное количество файлов, отображаемых в списке недавно открытых файлов (минимум 1).
- Максимальное количество недавних папок – максимальное количество папок, отображаемых в списке недавно открытых папок (минимум 1).
- Максимальное количество команд в стеке – максимальное количество команд в стеке отмены/повтора операций (минимум 1). При превышении этого количества самые старые команды удаляются из стека.
- Редактировать свойство при двойном клике в Обозревателе проекта – настройка режима двойного клика мыши в Обозревателе проекта. При включенном режиме для редактирования свойства достаточно дважды щелкнуть по свойству. При отключенном свойстве двойной клик мышью на свойстве выделяет элементы модели.
- Копировать заголовок колонки таблицы – настройка параметра копирования данных из таблиц программы. При включенном режиме к скопированным данным из таблицы добавляются заголовки колонок.

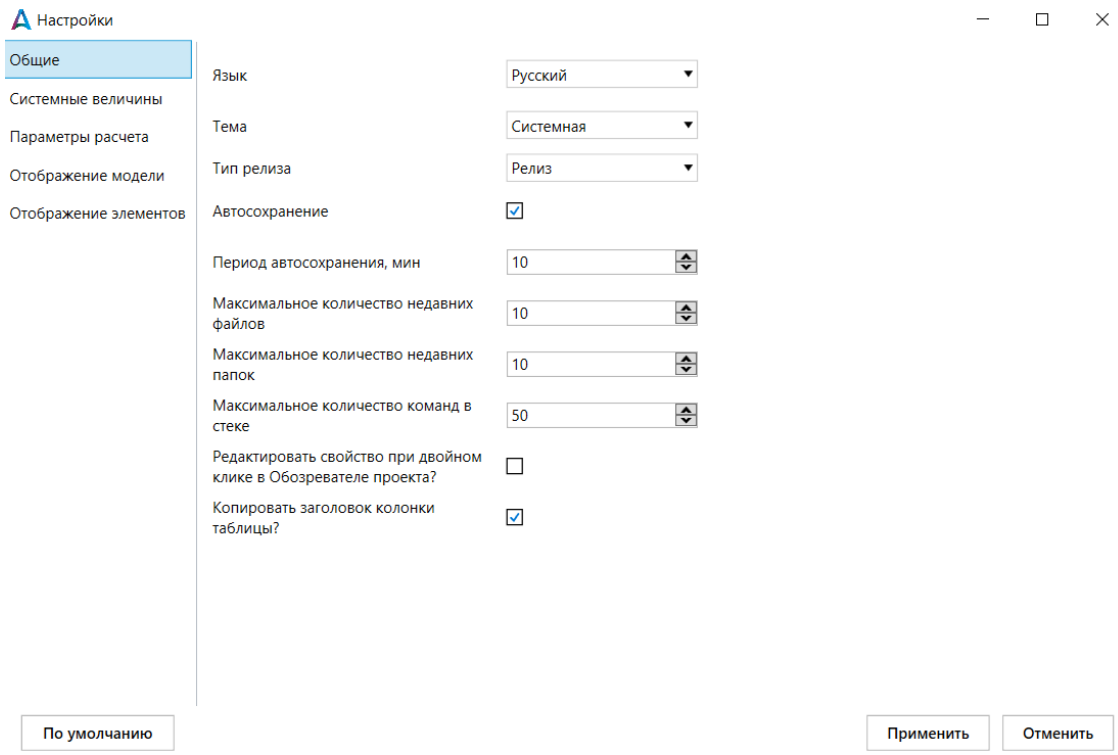


Рисунок 1.6 – Окно Настройки, вкладка «Общее»

1.8.2 Вкладка «Системные величины»

Вкладка «Системные величины» содержит следующие настройки (см. Рисунок 1.7):

- Единица длины – единица измерения длины, используемая в программе. Доступны варианты: мм (миллиметры), см (сантиметры), м (метры).
- Единица силы – единица измерения силы, используемая в программе. Доступны варианты: Н (ньютоны), кН (килоньютоны), кГс (килограмм-силы), тс (тонна-силы).
- Допуск объединения – допуск для операций сравнения координат и геометрических операций в активных единицах измерения. Используется при поиске совпадающих узлов, объединении элементов и других геометрических операциях.
- Формат данных – формат отображения числовых значений в программе (десятичный – отображение в формате с фиксированной точкой, экспоненциальный – отображение в экспоненциальном формате.
- Количество знаков в формате значения – количество знаков после запятой в формате отображения значений (минимум 0, максимум 15).

- Параметры направления и величины вектора ускорения свободного падения.

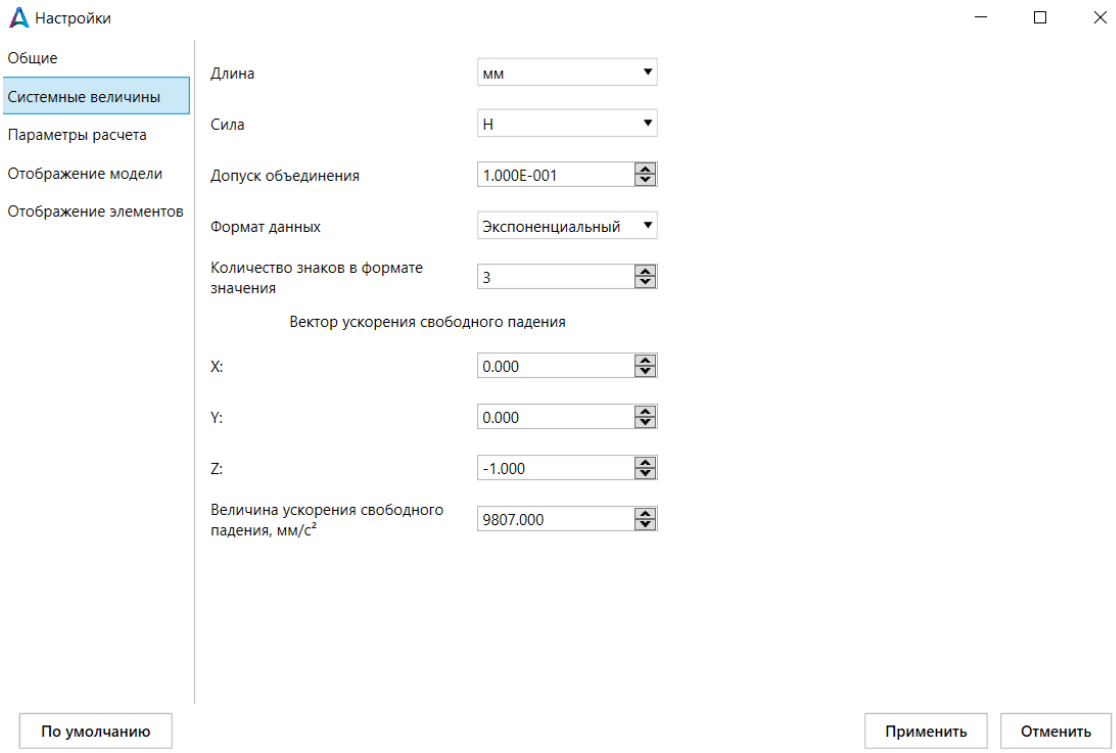


Рисунок 1.7 – Окно Настройки, вкладка «Системные величины»

1.8.3 Вкладка «Параметры расчета»

Вкладка «Параметры расчета» позволяет определить из выпадающего списка приоритетный документ норм проектирования (см. Рисунок 1.8).

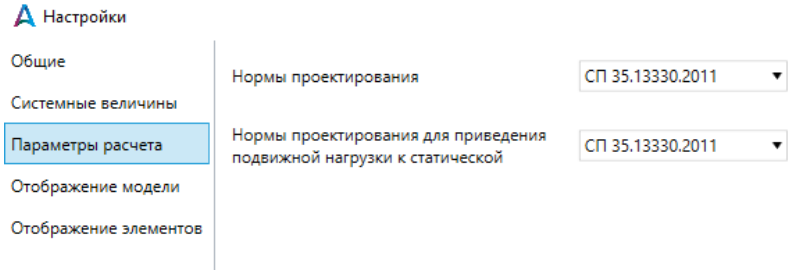


Рисунок 1.8 – Окно Настройки, вкладка «Параметры расчета»

1.8.4 Вкладка «Отображение модели»

Вкладка «Отображение модели» содержит настройки отображения вспомогательных элементов в окне визуализации модели (см. Рисунок 1.9):

- Движок 3D-вида – выбор движка для окна визуализации (можно выбрать движок задействующий мощности центрального или видео процессора).
- Видовой куб – флажок для отображения видового куба. Видовой куб позволяет быстро изменять вид модели.

- Система координат – флажок для отображения глобальной системы координат.
- Ребра куба вида – флажок для отображения ребер видового куба.
- Координаты – флажок для отображения координат курсора мыши.
- Размер курсора – размер курсора (перекрестия).
- Локальные оси элемента – размер локальных осей элементов.
- Размер текста – размер текстовых меток.

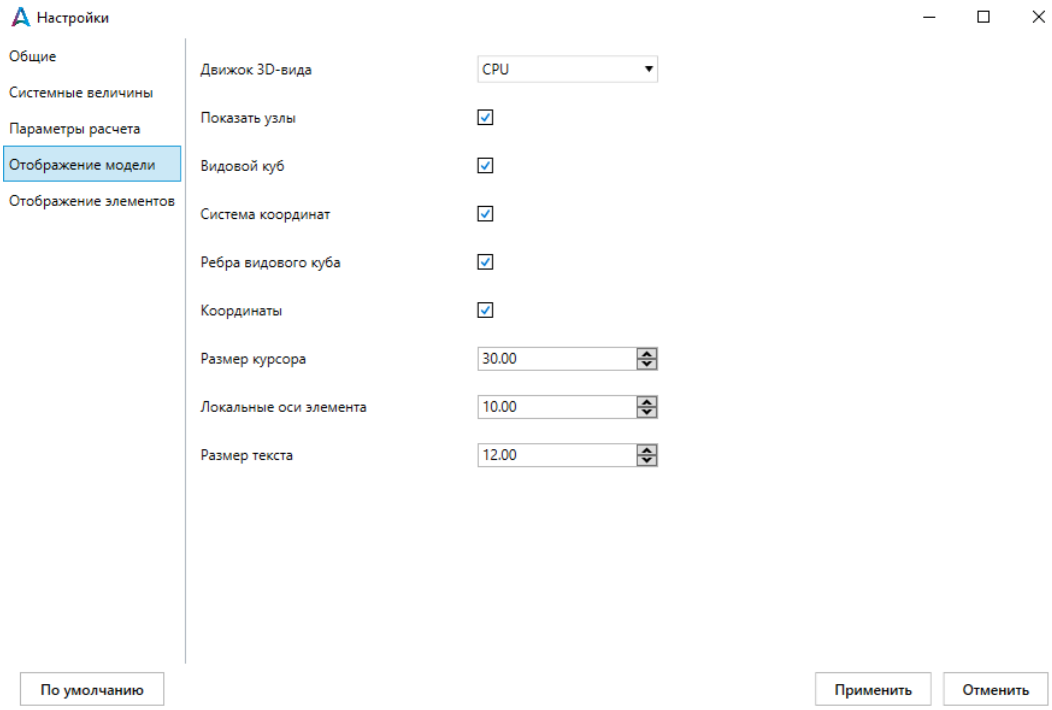


Рисунок 1.9 – Окно Настройки, вкладка «Отображение модели»

1.8.5 Вкладка «Отображение элементов»

Вкладка «Отображение элементов» содержит настройки цветов и размеров узлов, элементов, связей и нагрузок модели, организованные в группы (см. Рисунок 1.10).

1.8.6 Применение настроек

Для сохранения изменений и применения их в текущей сессии работы нажмите кнопку «Применить». Окно настроек закроется автоматически. Для закрытия окна настроек без сохранения изменений нажмите кнопку «Отмена». Для восстановления всех настроек к значениям по умолчанию нажмите кнопку «Сбросить к значениям по умолчанию». Изменения будут применены только после

нажатия кнопки «Применить». Настройки сохраняются в файл конфигурации пользователя и применяются при следующем запуске программы.

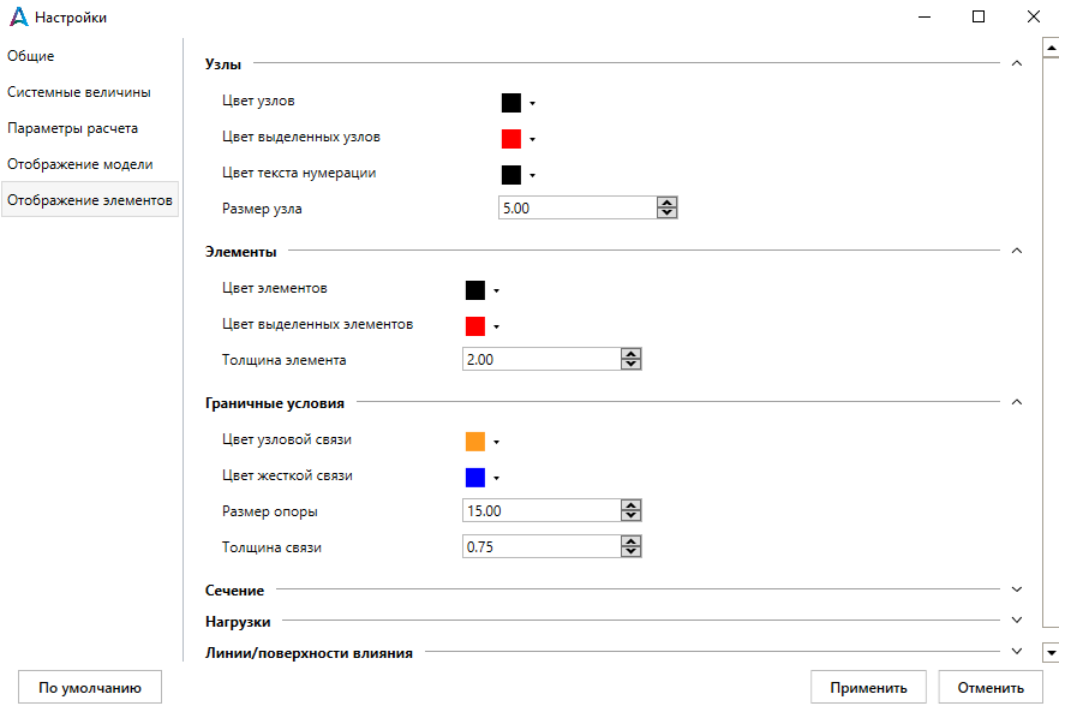


Рисунок 1.10 – Окно Настройки, вкладка «Отображение элементов»

1.9 Документация

В программе ПАРИС доступен отображатель нормативной базы. Все актуальные СП, Отраслевые документы и Руководства, касающиеся расчета мостовых конструкций доступны прямо в интерфейсе программы (см. Рисунок 1.11).

В раздел Документация загружены следующие документы:

- Руководства пользователя ПАРИС;
- СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»;
- СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»;
- СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты»;
- СП 268.1325800.2016 «Транспортные сооружения в сейсмических районах»;
- СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах»;
- СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции»;
- СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»;
- СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»;

- ОДМ 218.4.025, ОДМ 218.4.026, ОДМ 218.4.027, ОДМ 218.4.028;
- Руководства РЖД по грузоподъёмности мостов.

Отображатель нормативных документов имеет удобное разделение по разделам и подразделам документа, функциональный поиск внутри документа и адаптируется под размеры экрана. Все нормативные документы отображаются с формулами, таблицами и рисунками.

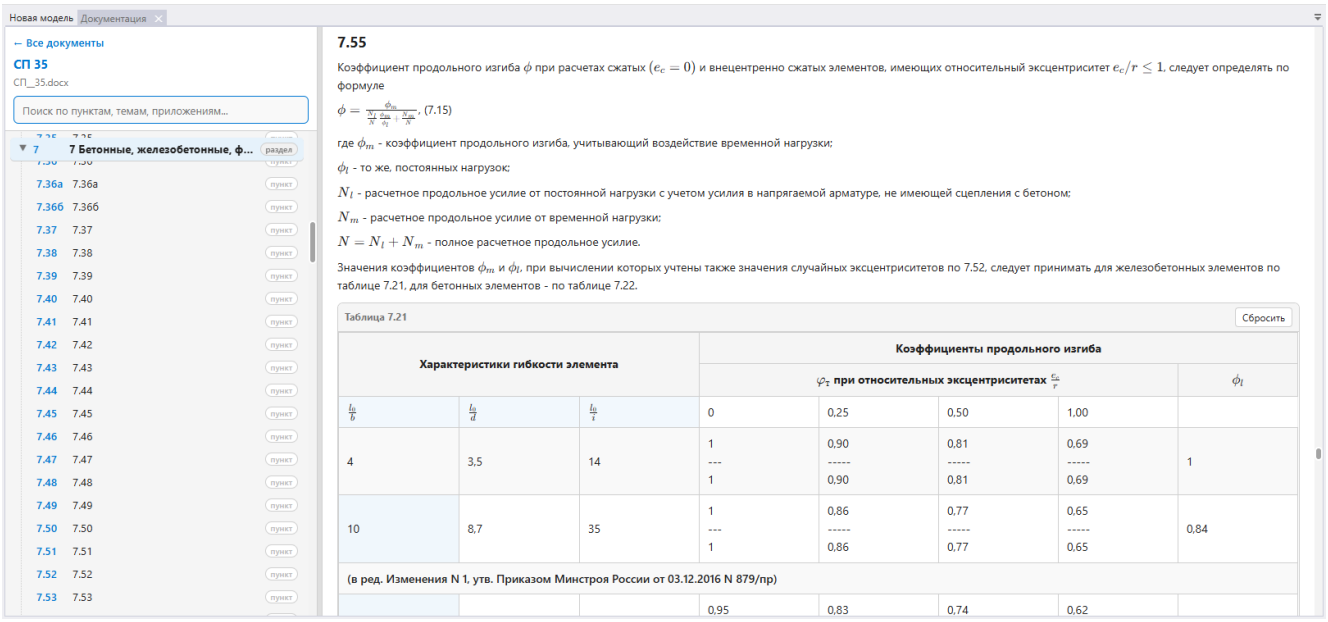


Рисунок 1.11 – Окно Документация

2 ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА. СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

2.1 Основные элементы интерфейса

ПАРИС содержит различные системы меню и окон (см. Рисунок 2.1), создающие дружественную к пользователю рабочую среду, оптимизированную для ОС Windows.

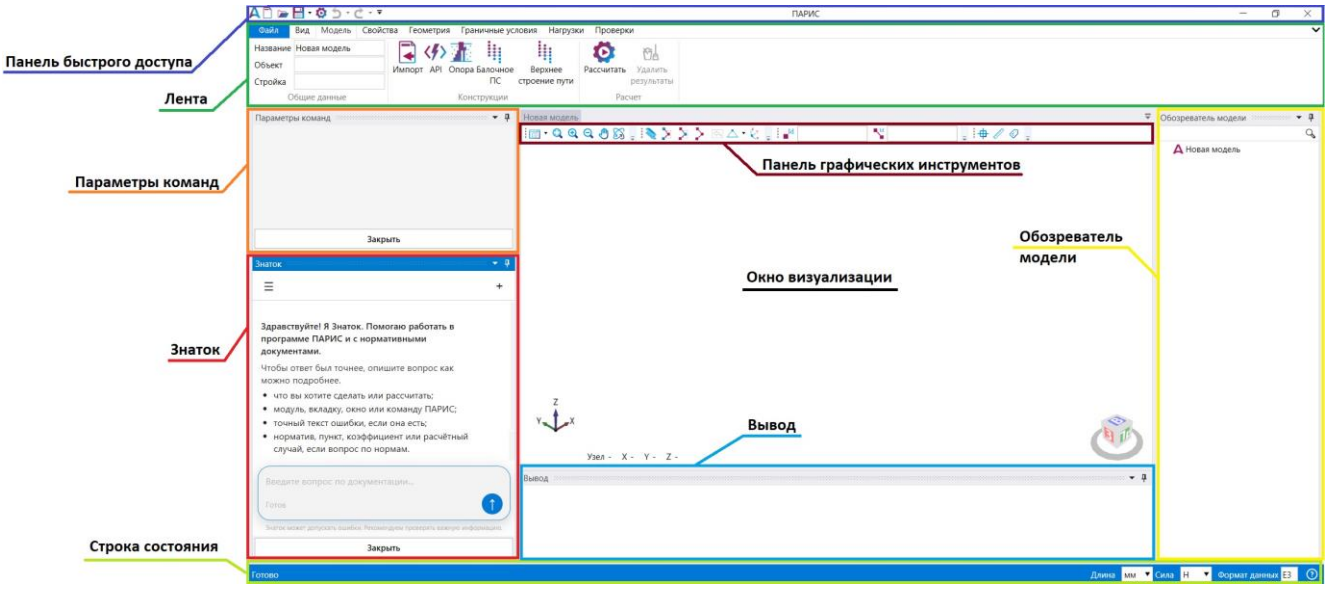


Рисунок 2.1 – Рабочее окно ПАРИС

Рабочее окно программы состоит из следующих элементов управления:

1. Панель быстрого доступа.

Содержит кнопки быстрого доступа к основным командам, таким как создание нового проекта, открытие и сохранение проекта, запуск задачи на расчет и т.д. Любую вкладку или группу вкладок ленты возможно разместить в панели быстрого доступа. Для этого необходимо вызвать контекстное меню, нажав правую кнопку мыши на выбранной вкладке, и выполнить команду «Добавить на панель быстрого доступа».

2. Лента.

Основное меню программы, разделенное вкладками. Во вкладках логически сгруппированы основные инструменты и элементы управления. Каждая вкладка ленты имеет имя, соответствующее ее назначению. Инструменты на вкладках представлены в виде кнопок с названиями команд. Лента автоматически подстраивается под доступные модули пользователя. Если по типу решаемой

задачи не предусмотрено функционирование опции, соответствующая кнопка будет неактивна.

3. Панель графических инструментов.

Представлена небольшим количеством кнопок и служит для изменения вида модели, активации и деактивации отдельных элементов модели, текстового отображения выделенных узлов и элементов, дополнительного вывода графической информации о модели (номера узлов и элементов, объемный вид одномерных элементов, расположение связей и т.д.)

4. Параметры команд.

Адаптивная панель, которая автоматически подстраивается под текущие операции пользователя в зависимости от выбранной команды. При необходимости панель можно закрыть нажатием кнопки «Закрыть».

5. Знаток.

Чат с нейросетью, которая отвечает на вопросы по работе с программой ПАРИС, помогает находить нужные разделы нормативных документов и объясняет сложные положения. В базу знаний нейросети загружены нормативные документы, доступные в Документации программы (см. Раздел 1.9). В чате можно посмотреть разделы нормативных документов, на основе которых был подготовлен ответ и сразу открыть этот раздел в окне Документации.

При наличии модуля «Мастер конструкций» в чате можно запросить файл конструкции опоры, подобранной по следующим параметрам: проектная нагрузка, длина и материал пролетного строения, тип грунтов основания, ширина проезжей части и т.п. Нейросеть выберет наиболее подходящий вариант из 100 типовых решений, хранящихся в базе данных ПАРИС.

При необходимости панель можно закрыть нажатием кнопки «Закрыть».

6. Обозреватель модели.

Древовидное меню, отображающее параметры расчетной модели. Через контекстное меню позволяет управлять расчетной моделью. Контекстное меню содержит часто используемые функции, перечень которых зависит от текущего

этапа работы, выбранных разделов дерева и места его вызова. Контекстное меню можно открыть щелчком правой кнопкой мыши.

7. Окно визуализации.

Необходимо для отображения и интерактивного создания расчетной модели. В этом окне можно выбрать узлы для создания конечного элемента или связи, приложения нагрузок и т.п. Также здесь выводятся результаты расчета.

8. Вывод.

Отображает различную информацию, предупреждения и сообщения об ошибках в ходе процесса моделирования.

9. Строка состояния.

Отображает систему единиц измерения и формат выходных данных. Формат выходных данных поддерживает два типа: экспоненциальный (E) и числовой с плавающей точкой (F). Цифра рядом с выбранной буквой обозначает число знаков после запятой. Рядом с форматом данных расположена кнопка вызова справки по программе. При запуске расчета конечно-элементной модели в левой части строки состояния будет отображаться ход выполнения расчета. Здесь же можно прервать выполняемый расчет.

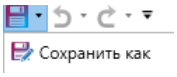
Информация о системе координат вынесена в окно визуализации модели. В ПАРИС используется правая декартова система координат. Рядом с координатными осями отображаются координаты указателя мыши в окне визуализации модели.

Панели «Параметры команд», «Знаток», «Обозреватель модели» и «Вывод» могут автоматически скрываться при выборе опции «Скрывать автоматически». Для фиксации положения панели нужно нажать кнопку с булавкой в правом углу заголовка панели. Дополнительные вкладки программы и панели могут быть перенесены и закреплены в любом месте окна ПАРИС. Для этого достаточно потянуть левой кнопкой мыши за заголовок панели или вкладки и выбрать один из предложенных вариантов расположения. Все пользовательские настройки будут сохранены и использованы при следующем запуске ПАРИС.

2.2 Создание новой модели

Для создания новой расчетной модели воспользуйтесь командой меню: Файл → Главная → Создать, либо кнопкой на панели быстрого доступа. Имя проекта создается автоматически программой (Новая модель) либо указывается пользователем при дальнейшем сохранении модели.

2.3 Сохранение модели

Для сохранения расчетной модели воспользуйтесь командой меню: Файл → Сохранить. Пользователю будут предложены последние используемые им при работе с программой пути для сохранения текущей модели. При необходимости указать новый путь воспользуйтесь командой меню: Файл → Сохранить → Обзор. При необходимости пользователь может пересохранить текущую модель под новым именем воспользовавшись командой Сохранить как 

на панели быстрого доступа. Во всех вышеперечисленных случаях откроется диалоговое окно сохранения модели, приведенное на рисунке 2.2 б. Текущую модель можно сохранить в нескольких форматах (вкладка «Тип файла» на рисунке 2.2 б):

- PARIS file – файл с разрешением *.prs. Стандартный формат хранения модели при работе с ПАРИС
- JSON file – файл с разрешением *.json. Формат хранения модели в объеме, необходимом только для выполнения расчетов модели.

а) б)

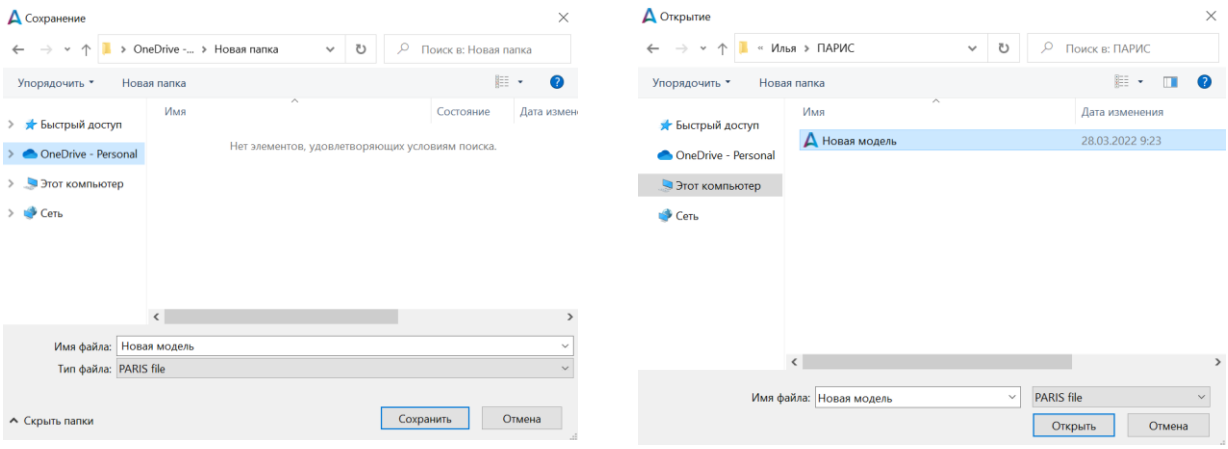


Рисунок 2.2 – Диалоговое окно:

а) сохранения модели в ПАРИС; б) открытия модели в ПАРИС

2.4 Открытие модели

Для открытия уже созданной расчетной модели воспользуйтесь командой меню: Файл → Главная → Открыть, либо кнопкой на панели быстрого доступа. После этого откроется диалоговое окно открытия модели, приведенное на рисунке 2.2 а. Расчетную модель можно открыть в нескольких форматах (вкладка «Тип файла» на рисунке 2.2 а) PARIS file – файл с разрешением *.prs. Стандартный формат хранения модели при работе с ПАРИС

2.5 Импорт / экспорт

Для работы с импортом и экспортом данных необходимо воспользоваться вкладкой ленты Файл. В открывшемся меню доступны вкладки «Импорт» и «Экспорт».

2.5.1 Импорт данных

Для импорта данных из внешних файлов необходимо воспользоваться командой меню: Файл → Импорт. Откроется окно импорта данных. Окно импорта содержит список доступных форматов импорта:

- MCT (Midas file) / NBT (Нелинейность) – импорт файлов формата MCT (MIDAS Civil / Midas Civil NX / Нелинейность.Мост);
- DXF (CAD file) – импорт файлов формата DXF (AutoCAD);
- XYZ (3D-cloud file) – импорт файлов облака точек формата XYZ.

Необходимо учитывать, что при данные импортируемых файлов преобразуются в активные единицы измерения модели. При импорте данных в модель, которая уже содержит данные, существующие данные будут заменены импортированными данными. Программа предупредит о необходимости сохранения текущей модели перед импортом.

Импортируемые данные из файла MCT/NBT (см. Рисунок 2.3):

- ✓ Узлы расчетной модели;
- ✓ Элементы (стержневые и плитные);
- ✓ Материалы;
- ✓ Сечения;

- ✓ Граничные условия (при включенной опции «Импортировать связи»);
- ✓ Статические нагрузки (при включенной опции «Импортировать статические нагрузки»).

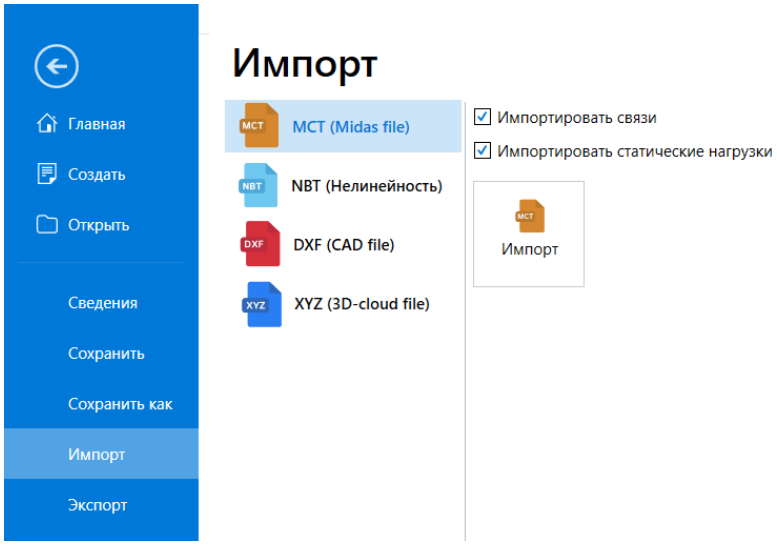


Рисунок 2.3 – Вкладка «Файл», «Импорт MCT (Midas file)»

Импортируемые данные из файла DXF (см. Рисунок 2.4):

- ✓ Точки (Point) – импортируются как узлы расчетной модели;
- ✓ Линии (Line) – импортируются как стержневые элементы (балочные);
- ✓ Двумерные полилинии (Polyline2D) – импортируются как стержневые элементы. Каждый сегмент полилинии преобразуется в отдельный стержневой элемент;
- ✓ Трехмерные полилинии (Polyline3D) – импортируются как стержневые элементы. Каждый сегмент полилинии преобразуется в отдельный стержневой элемент;
- ✓ Многогранные сети (PolyfaceMesh) – импортируются как плитные элементы. Каждая грань сети преобразуется в отдельный плитный элемент;
- ✓ Трехмерные грани (Face3D) – импортируются как плитные элементы. Треугольные грани преобразуются в трехузловые плитные элементы, четырехугольные грани – в четырехузловые плитные элементы.

Файлы DXF должны быть версии 2000 года или новее. При попытке импорта файла более старой версии будет выдано сообщение об ошибке. При импорте

полилиний с дугами дуги аппроксимируются сегментами линий. При импорте замкнутых полилиний последняя точка добавляется для замыкания контура.

После выбора файла DXF программа загрузит список доступных слоев и отобразит их в списке «Слои». Выберите слои, из которых необходимо импортировать данные. Можно выбрать несколько слоев с помощью клавиш Ctrl (для выбора отдельных слоев) или Shift (для выбора диапазона слоев). Если ни один слой не будет выбран пользователем, импорт геометрии из файла DXF не произойдет.

При включенной опции «Создавать сечения по слоям» для каждого слоя создается простое прямоугольное сечение с размерами 1×1 мм. После импорта сечения можно отредактировать вручную.

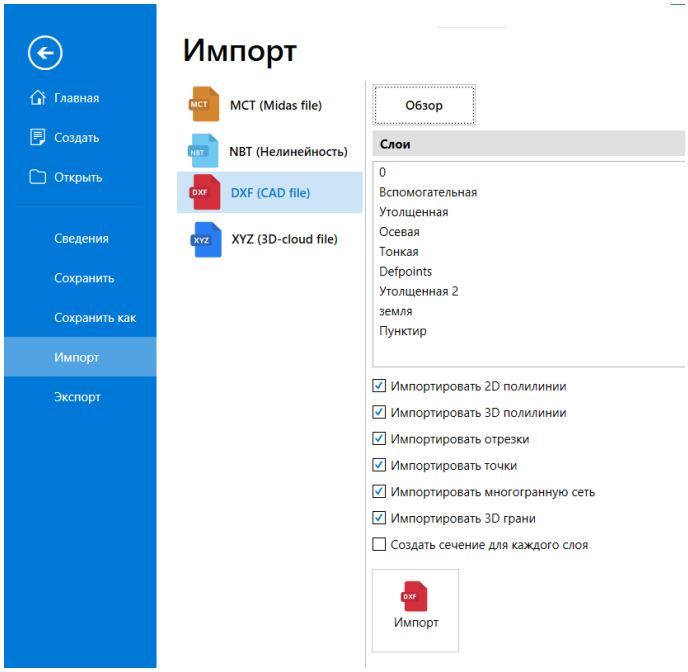


Рисунок 2.4 – Вкладка «Файл», «Импорт DXF (CAD file)»

Импортируемые данные из файла XYZ:

✓ Точки – импортируются как узлы расчетной модели.

Файл XYZ представляет собой текстовый файл, содержащий координаты точек. Каждая строка файла содержит три числа, разделенные пробелами или запятыми.

2.5.2 Экспорт данных

Для экспорта данных модели во внешние файлы необходимо воспользоваться командой меню: Файл → Экспорт. Откроется окно экспорта данных.

Окно экспорта содержит список доступных форматов экспорта:

- MCT (Midas file), NBT (Нелинейность) – экспорт файлов формата MCT (MIDAS Civil/ Midas Civil NX / Нелинейность.Мост);
- DXF (CAD file) – экспорт файлов формата DXF (AutoCAD);
- JPG (JPEG file) – экспорт изображения модели в формате JPEG;
- STL (3D-model file) – экспорт трехмерной модели в формате STL;
- OBJ (3D-model file) – экспорт трехмерной модели в формате OBJ.

Экспортируемые данные в файл MCT/NBT (см. Рисунок 2.5):

- ✓ Единицы измерения (сила, длина, тепло, температура);
- ✓ Узлы расчетной модели;
- ✓ Элементы (стержневые и плитные) с указанием типа, материала, сечения;
- ✓ Материалы с их свойствами (модуль упругости, коэффициент Пуассона, коэффициент теплового расширения, удельный вес);
- ✓ Сечения (простые, составные, пользовательские) с геометрическими характеристиками;
- ✓ Граничные условия (при включенной опции «Экспортировать связи»);
- ✓ Статические нагрузки (при включенной опции «Экспортировать статические нагрузки»).

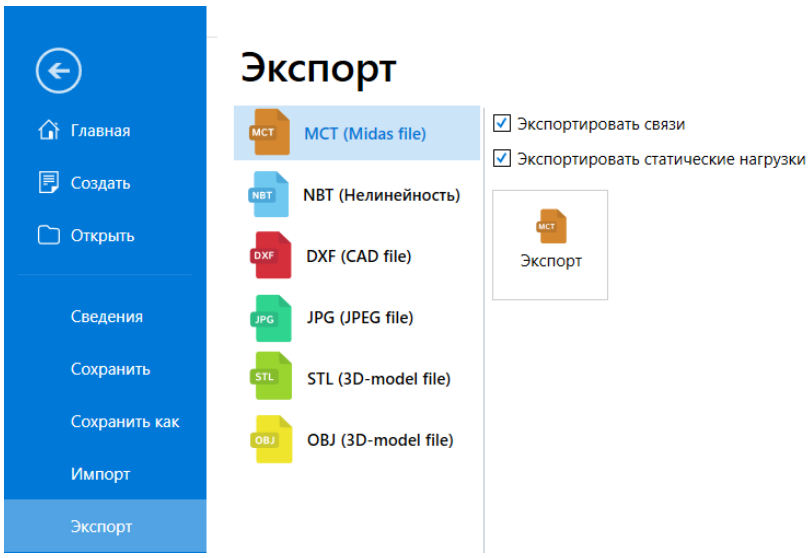


Рисунок 2.5 – Вкладка «Файл», «Экспорт MCT (Midas file)»

Экспортируемые данные в файл DXF (см. Рисунок 2.6):

- ✓ Стержневые элементы в виде отрезков;
- ✓ Плитные элементы с указанием способа экспорта (3D сетка или 3D грани);
- ✓ Армирование (каждый арматурный стержень) в виде трехмерных полилиний.

При экспорте в режиме «Экспортировать как 3D грани» каждый плитный элемент экспортируется как отдельная грань (Face3D), а контур элемента в виде трехмерной полилинии. При экспорте в режиме «Экспортировать как 3D сетку» все плитные элементы объединяются в одну многогранную сеть (PolyfaceMesh), что может быть более эффективно для больших моделей.

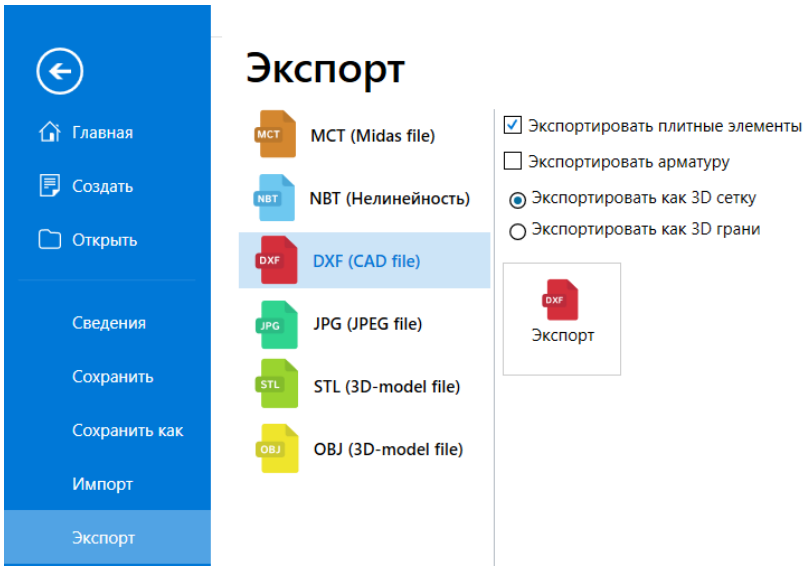


Рисунок 2.6 – Вкладка «Файл», «Экспорт DXF (CAD file)»

Экспорт в формат JPEG (см. Рисунок 2.7) позволяет сохранить текущий вид модели в окне визуализации в файл изображения. При экспорте можно настроить следующие параметры:

- ✓ Показывать узлы – для отображения/скрытия узлов на экспортируемом изображении;
- ✓ Подогнать вид – для автоматической подгонки вида модели к размеру изображения.

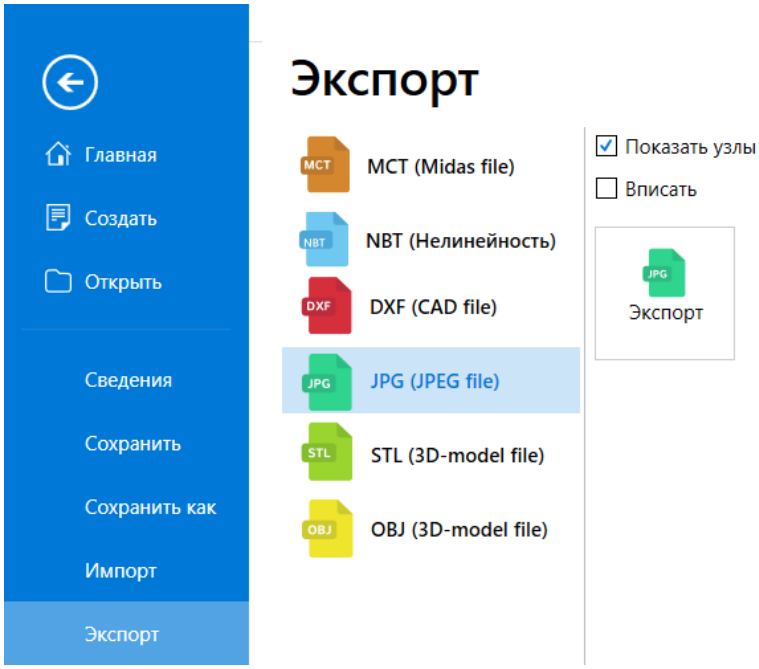


Рисунок 2.7 – Вкладка «Файл», «Экспорт JPG (JPEG file)»

Экспорт в форматы STL и OBJ позволяет сохранить конечно-элементную модель в виде трехмерной модели. Стержневые элементы экспортируются как трехмерные тела, плитные элементы – как трехмерные поверхности.

2.6 Работа с узлами и элементами

Для добавления узлов и элементов к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия (см. Рисунок 2.8).

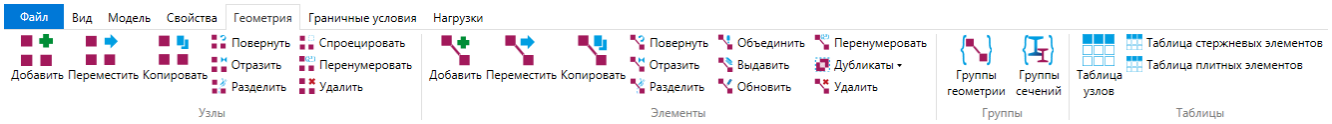


Рисунок 2.8– Вкладка ленты Геометрия

Для создания расчетной модели существуют такие команды:

- Добавить узел.
- Переместить узел.
- Копировать узел.
- Повернуть узел.
- Отразить узел.
- Разделить узел.
- Спроецировать узел.
- Перенумеровать узел.
- Удалить узел.

- Добавить элемент.
- Переместить элемент.
- Копировать элемент.
- Повернуть элемент.
- Отразить элемент.
- Разделить элемент.
- Объединить элемент.
- Выдавить элемент.
- Обновить элемент.
- Перенумеровать элемент.
- Найти или удалить дубликаты.
- Удалить элемент.

2.6.1 Добавить узел

Для добавления узлов в расчетную модель необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Добавить узел. Откроется окно Параметров команд с названием «Добавить узел» (см. Рисунок 2.9).

Введите координаты X, Y, Z нового узла относительно глобальной системы координат в активных единицах измерения. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

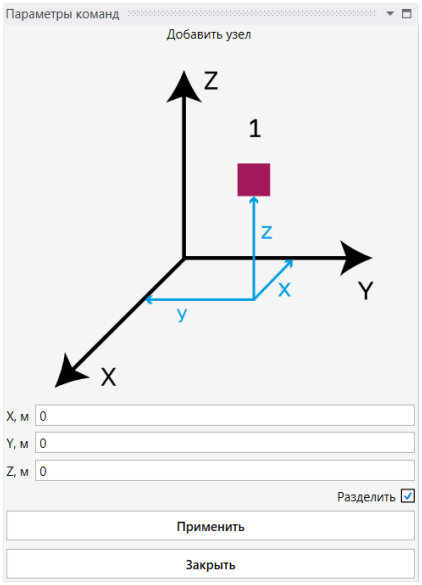


Рисунок 2.9 – Команда «Добавить узел»

При необходимости разделить существующий элемент новым узлом (в случае попадания создаваемого узла на ось или плоскость элемента) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

2.6.2 Переместить узел

Для перемещения узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Переместить узел. Откроется окно Параметров команд с названием «Переместить узел» (см. Рисунок 2.10). Выберите узлы для перемещения в окне визуализации. Выберите способ перемещения: по расстоянию или по вектору.

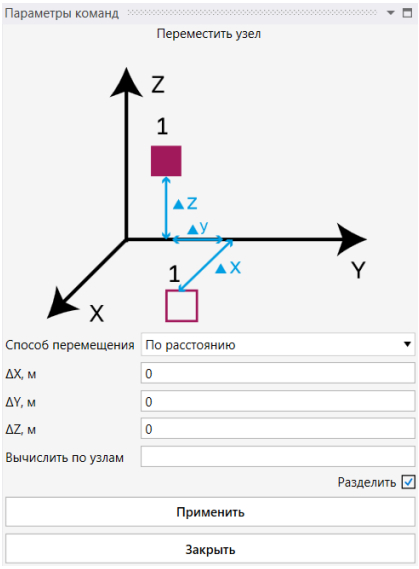


Рисунок 2.10– Команда «Переместить узел» (по расстоянию)

Если выбран способ перемещения по расстоянию, то введите смещение координат ΔX, ΔY, ΔZ выбранных узлов относительно глобальной системы координат в активных единицах измерения. Чтобы вычислить смещение между двумя узлами, введите их номера через пробел в поле «Вычислить по узлам» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации.

Если выбран способ перемещения по вектору (см. Рисунок 2.11), то введите расстояние от первого узла, на которое должны переместится выбранные узлы. В поле «Вектор направления» введите номера двух узлов через пробел или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации.

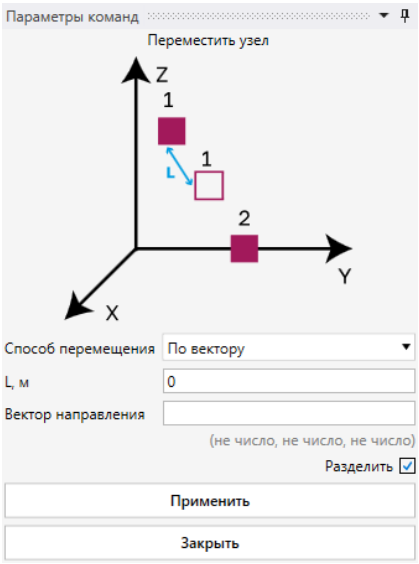


Рисунок 2.11– Команда «Переместить узел» (по вектору)

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы перемещаемыми узлами (в случае попадания перемещаемых узлов на ось или плоскость элемента) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

2.6.3 Копировать узел

Для копирования узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Копировать узел. Откроется окно Параметров команд с названием «Копировать узел» (см. Рисунок 2.12). Выберите узлы для копирования в окне визуализации. Выберите способ перемещения: по расстоянию или по вектору. Если выбран способ перемещения по расстоянию, то введите смещение координат ΔX, ΔY, ΔZ выбранных узлов относительно глобальной системы координат в активных единицах измерения. Чтобы вычислить смещение между двумя узлами, введите их

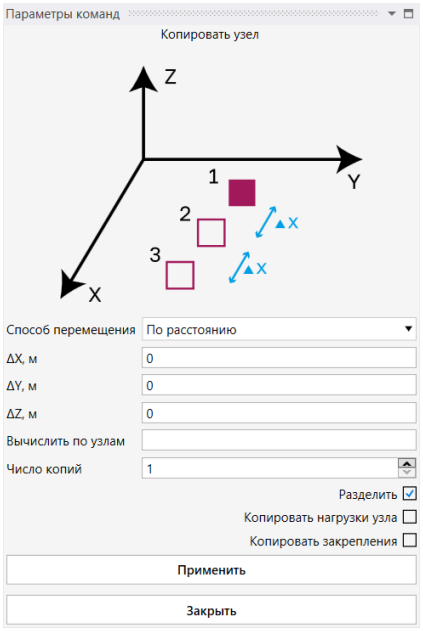


Рисунок 2.12– Команда «Копировать узел» (по расстоянию)

номера через пробел в поле «Вычислить по узлам» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. Если выбран способ перемещения по вектору (см. Рисунок 2.13), то введите расстояние от первого узла, на которое должны переместится выбранные узлы. В поле «Вектор направления» введите номера двух узлов через пробел или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. Введите число создаваемых копий узлов. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы копируемыми узлами (в случае попадания копируемых узлов на ось или плоскость элемента) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

При необходимости копирования нагрузок или закреплений вместе с узлами установите флажки в соответствующие параметры команды. По умолчанию флажки всегда неактивны.

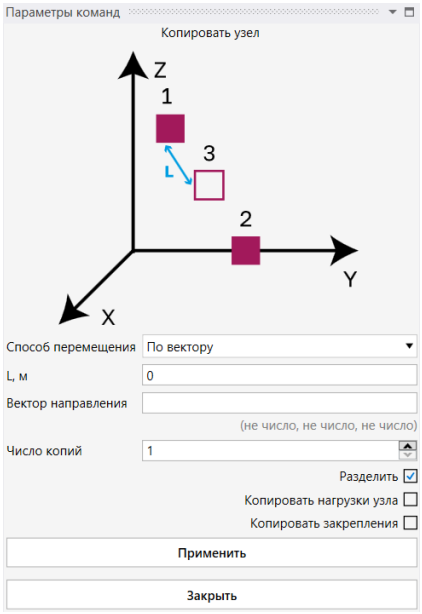


Рисунок 2.13– Команда «Копировать узел» (по вектору)

2.6.4 Повернуть узел

Для поворота узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Повернуть узел. Откроется окно Параметров команд с названием «Повернуть узел» (см. Рисунок 2.14). Выберите узлы для поворота в окне визуализации. Задайте угол поворота в градусах. Угол поворота положителен при повороте узлов по часовой стрелке при взгляде по направлению оси.

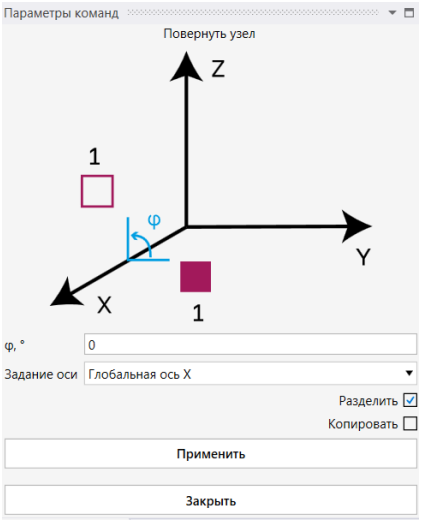


Рисунок 2.14 – Команда «Повернуть узел»

Выберите способ задания оси вращения (ось глобальной системы координат или пользовательская ось вращения по двум узлам). При выборе пользовательской оси вращения введите номера двух узлов через пробел в поле «Узлы оси» или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы перемещаемыми узлами (в случае попадания перемещаемых узлов на ось или плоскость элемента) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

При необходимости копирования узлов установите флажок «Копировать». Выбранные узлы при этом не переместятся. При необходимости копирования нагрузок или закреплений вместе с узлами установите флажки в соответствующие параметры команды. По умолчанию флажки всегда неактивны.

2.6.5 Отразить узел

Для отражения узлов расчетной модели относительно некой плоскости необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Отразить узел. Откроется окно Параметров команд с названием «Отразить узел» (см. Рисунок 2.15). Выберите узлы для отражения в окне визуализации.

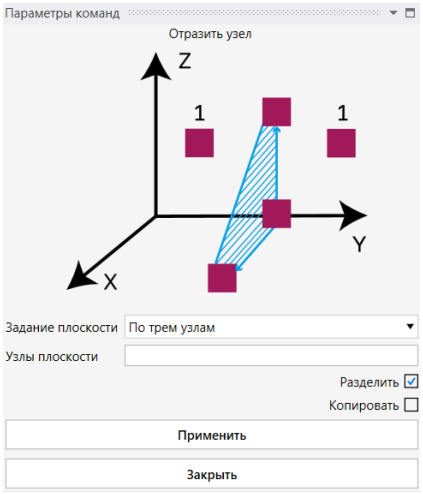


Рисунок 2.15– Команда «Отразить узел»

Плоскость, относительно которой будет выполняться отражение узлов, можно задать глобальными осями или через три узла, не лежащих на одной прямой. При выборе способа задания плоскости «По трем узлам» введите номера трех узлов через пробел в поле «Узлы плоскости» или кликните по этому полю и выберите три узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы перемещаемыми узлами (в случае попадания перемещаемых узлов на ось или плоскость элемента) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

При необходимости копирования узлов установите флажок «Копировать». Выбранные узлы при этом не переместятся. При необходимости копирования нагрузок или закреплений вместе с узлами установите флажки в соответствующие параметры команды. По умолчанию флажки всегда неактивны.

2.6.6 Разделить узел

Для разделения узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Разделить узел. Откроется окно Параметров команд с названием «Разделить узел». (см. Рисунок 2.16). Укажите количество делений отрезка между двумя узлами. Введите номера двух узлов через пробел в поле «Узлы для деления» или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

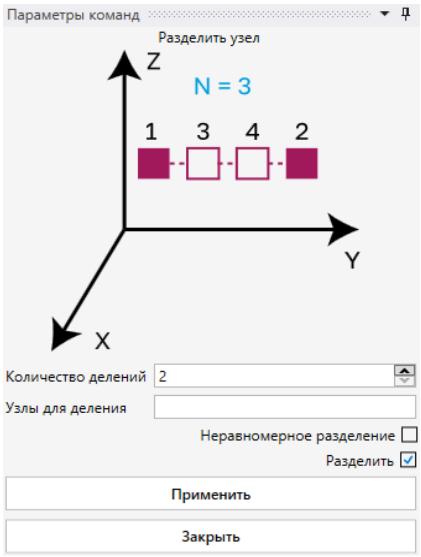


Рисунок 2.16– Команда «Разделить узел»

При разделении узлов все элементы, связанные с этими узлами, будут разделены на отдельные элементы, каждый из которых будет иметь свой собственный узел в той же точке пространства.

2.6.7 Спроецировать узел

Для проецирования узлов расчетной модели на плоскость или линию необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Спроецировать узел. Откроется окно Параметров команд с названием «Спроецировать узел». (см. Рисунок 2.17). Выберите узлы, которые необходимо спроецировать, в окне визуализации.

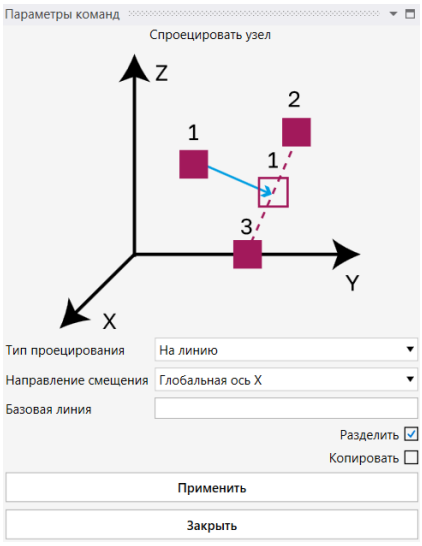


Рисунок 2.17 – Команда «Спроецировать узел»

Выберите тип проецирования:

- на плоскость – узлы будут спроецированы на плоскость, заданную тремя узлами;

- на линию – узлы будут спроецированы на линию, заданную двумя узлами.

При типе проецирования на линию следует выбрать направление смещения: вдоль глобальных осей или перпендикулярно базовой линии. Введите номера двух узлов через пробел в поле «Базовая линия» или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. При типе проецирования на плоскость введите номера трех узлов, не лежащих на одной линии, через пробел в поле «Базовая линия» или кликните по этому полю и выберите три узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы перемещаемыми узлами (в случае попадания перемещаемых узлов на ось или плоскость элемента) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

При необходимости копирования узлов установите флажок «Копировать». Выбранные узлы при этом не переместятся. При необходимости копирования нагрузок или закреплений вместе с узлами установите флажки в соответствующие параметры команды. По умолчанию флажки всегда неактивны.

2.6.8 Удалить узел

Для удаления узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Удалить узел.

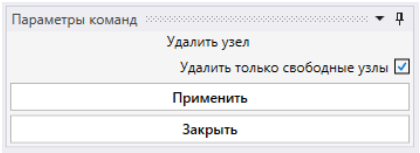


Рисунок 2.18 – Команда «Удалить узел»

Откроется окно Параметров команд с названием «Удалить узел» (Рисунок 2.18). Выберите узлы для удаления в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости удалить только свободные выбранные узлы установите флажок «Удалить свободные узлы». По умолчанию флажок всегда активен. При необходимости удалить узлы, связанные с существующими элементами, снимите флажок «Удалить свободные узлы».

2.6.9 Перенумеровать узел

Для перенумерации узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Перенумеровать узлы.

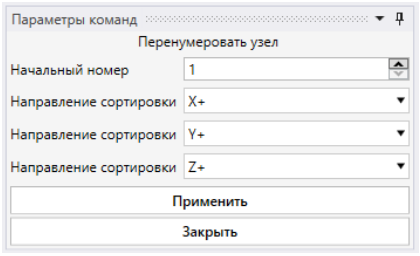


Рисунок 2.19 – Команда «Перенумеровать узел»

Откроется окно Параметров команд с названием «Перенумеровать узел» (см. Рисунок 2.19). Выберите узлы для перенумерации в окне визуализации. Задайте начальный номер, с которого будут начинаться перенумерованные узлы. Выберите приоритетность направления сортировки в глобальной системе координат. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.6.10 Добавить элемент

Для добавления элементов в расчетную модель необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Добавить элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Добавить элемент» (см. Рисунок 2.20).

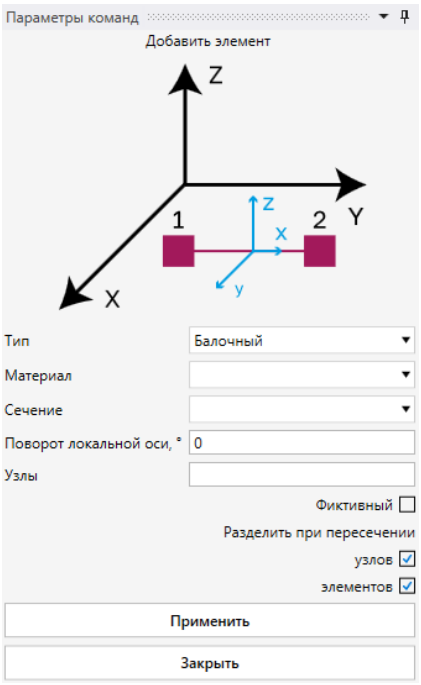


Рисунок 2.20 – Команда «Добавить элемент»

Выберите тип нового элемента. ПАРИС поддерживает следующие типы элементов:

- балочный стержневой элемент;
- ферменный стержневой элемент;
- вантовый стержневой элемент;
- плитный 3-х и 4-х узловой элемент (толстые плиты).

Выберите материал нового элемента. При отсутствии в расчетной модели необходимого материала, задайте его (см. Раздел 2.7.1). Для стержневых элементов выберите сечение нового элемента. При отсутствии в расчетной модели

необходимого сечения, задайте его (см. Разделы 2.7.4-2.7.9). Для плитных элементов выберите толщину нового элемента. При отсутствии в расчетной модели необходимой толщины, задайте ее (см. Раздел 2.7.10).

При необходимости укажите угол поворота локальной оси стержневого элемента в градусах. При необходимости создать фиктивный элемент без сечения, материала и толщины, установите флажок в соответствующем поле.

Введите номера двух узлов через пробел в поле «Узлы» или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки. При необходимости разделить новый элемент существующими элементами или узлами установите флажок «Разделить». По умолчанию флажки всегда активны.

2.6.11 Переместить элемент

Для перемещения элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Переместить элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Переместить элемент» (см. Рисунок 2.21). Выберите элементы для перемещения в окне визуализации. Выберите способ перемещения: по расстоянию, по вектору или номеру узла.

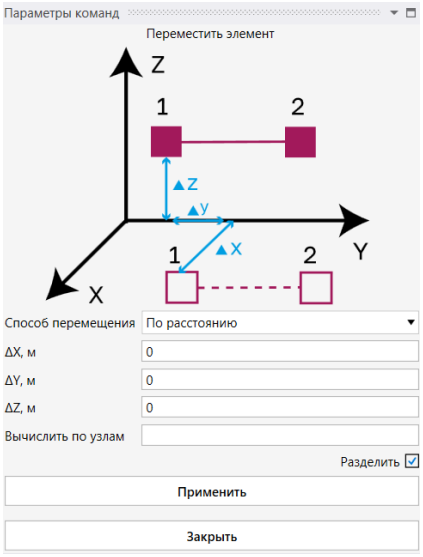


Рисунок 2.21 – Команда «Переместить элемент» (по расстоянию)

Если выбран способ перемещения по расстоянию, то введите смещение координат ΔX, ΔY, ΔZ выбранных элементов относительно глобальной системы координат в активных единицах измерения. Чтобы вычислить смещение между двумя узлами, введите их номера через пробел в поле «Вычислить по узлам» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации.

Если выбран способ перемещения по вектору (см. Рисунок 2.22), то введите расстояние от первого узла, на которое должны переместится выбранные узлы. В поле «Вектор направления» введите номера двух узлов через пробел или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации.

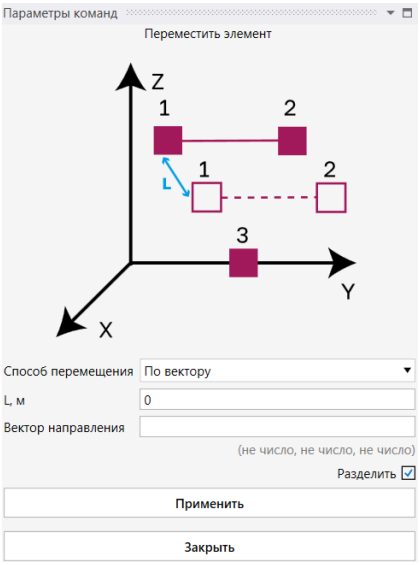


Рисунок 2.22 – Команда «Переместить элемент» (по вектору)

Если выбран способ перемещения по номеру узла (см. Рисунок 2.23), то укажите величину приращения номера узлов перемещаемых элементов относительно выделенных. Новые элементы буду перенесены в узлы с вычисленными номерами.

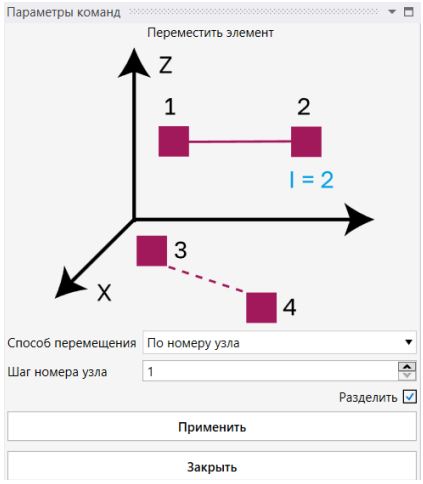


Рисунок 2.23 – Команда «Переместить элемент» (по номеру узла)

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы перемещаемыми элементами (в случае пересечения элементов) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

2.6.12 Копировать элемент

Для копирования элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Копировать элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Копировать элемент» (см. Рисунок 2.24). Выберите элементы для копирования в окне визуализации. Выберите способ перемещения: по расстоянию, по вектору или номеру узла.

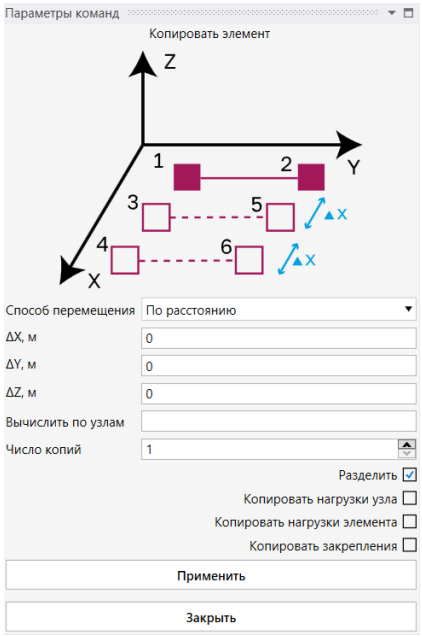


Рисунок 2.24 – Команда «Копировать элемент» (по расстоянию)

Если выбран способ перемещения по расстоянию, то введите смещение координат ΔX, ΔY, ΔZ выбранных элементов относительно глобальной системы координат в активных единицах измерения. Чтобы вычислить смещение между двумя узлами, введите их номера через пробел в поле «Вычислить по узлам» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. Если выбран способ перемещения по вектору (см. Рисунок 2.25), то введите расстояние от первого узла, на которое должны переместится выбранные элементы. В поле «Вектор направления» введите номера двух узлов через пробел или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. Если выбран способ копирования по номеру узла (см. Рисунок 2.26), то укажите величину

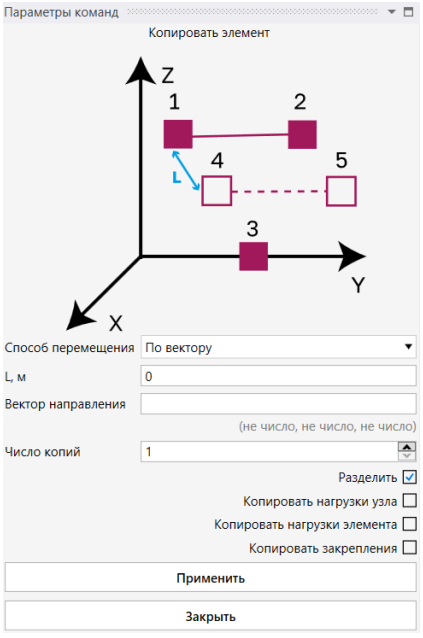


Рисунок 2.25 – Команда «Копировать элемент» (по вектору)

приращения номера узлов копируемых элементов относительно выделенных. Новые элементы буду созданы между существующими узлами с вычисленными номерами. Введите число создаваемых копий элементов. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы копируемыми (в случае пересечения элементов) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

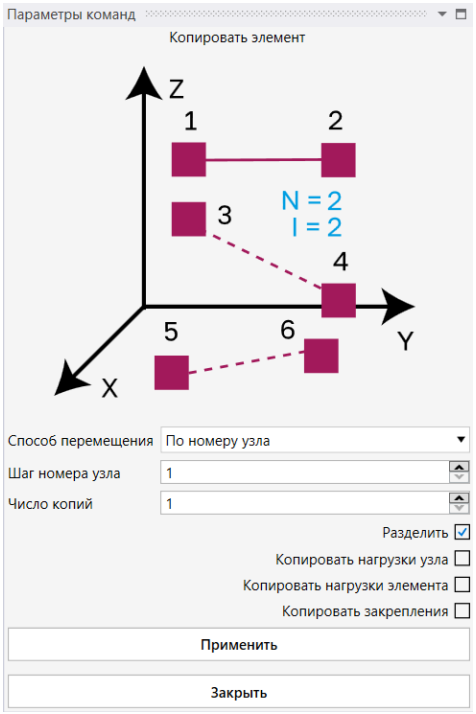


Рисунок 2.26 – Команда «Копировать элемент» (по номеру узла)

При необходимости копирования нагрузок или закреплений вместе с узлами и элементами установите флажки в соответствующие параметры команды. По умолчанию флажки всегда неактивны.

2.6.13 Повернуть элемент

Для поворота элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Повернуть элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Повернуть элемент» (см. Рисунок 2.27). Выберите элементы для поворота в окне обозревателя.

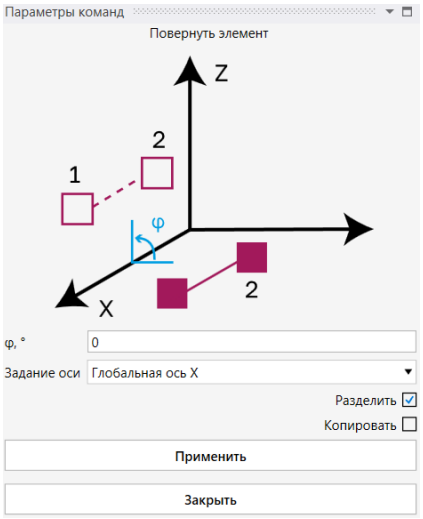


Рисунок 2.27 – Команда «Повернуть элемент»

Задайте угол поворота в градусах. Угол поворота положителен при повороте элементов по часовой стрелке при взгляде по направлению оси.

Выберите способ задания оси вращения (ось глобальной системы координат или пользовательская ось вращения по двум узлам). При выборе пользовательской

оси вращения введите номера двух узлов через пробел в поле «Узлы оси» или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы перемещаемыми (в случае пересечения элементов или узлов) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

При необходимости копирования элементов установите флажок «Копировать». Выбранные элементы при этом не переместятся. При необходимости копирования нагрузок или закреплений вместе с узлами и элементами установите флажки в соответствующие параметры команды. По умолчанию флажки всегда неактивны.

2.6.14 Отразить элемент

Для отражения элементов расчетной модели относительно некой плоскости необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Отразить элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Отразить элемент» (см. Рисунок 2.28). Выберите элементы для отражения в окне визуализации.

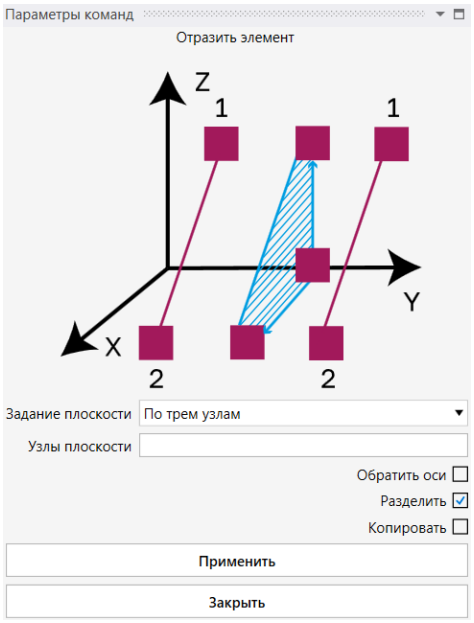


Рисунок 2.28 – Команда «Отразить элемент»

Плоскость, относительно которой будет выполняться отражение элементов, можно задать глобальными осями или через три узла, не лежащих на одной прямой. При выборе способа задания плоскости «По трем узлам» введите номера трех узлов через пробел в поле «Узлы плоскости» или кликните по этому полю и выберите три узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости разделить существующие элементы перемещаемыми (в случае пересечения элементов или узлов) установите флажок «Разделить». По умолчанию флажок всегда активен.

При необходимости копирования элементов установите флажок «Копировать». Выбранные элементы при этом не переместятся. При необходимости копирования нагрузок или закреплений вместе с узлами и элементами установите флажки в соответствующие параметры команды. По умолчанию флажки всегда неактивны.

2.6.15 Разделить элемент

Для разделения элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Разделить элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Разделить элемент» (см. Рисунок 2.29). Выберите элементы для разделения в окне визуализации. Выберите тип разделяемых элементов: одномерный или двумерный.

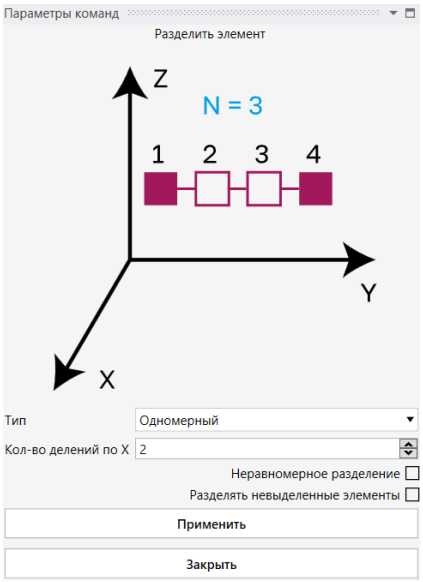


Рисунок 2.29 – Команда «Разделить элемент» (одномерный тип)

Для одномерных элементов укажите количество делений вдоль локальной оси X элемента. При необходимости неравномерного разделения элементов установите флажок в соответствующем параметре. По умолчанию флажок всегда неактивен. При активации параметра появится возможность указать расстояние от первого узла элемента вдоль его локальной оси X для разделения.

Для разделения двумерных элементов укажите количество делений вдоль локальной оси X и локальной оси Y элемента (см. Рисунок 2.30). При необходимости неравномерного разделения элементов установите флажок в соответствующем параметре. По умолчанию флажок всегда неактивен. При активации параметра появится возможность указать расстояние от первого узла элемента вдоль его локальной оси X и локальной оси Y для разделения.

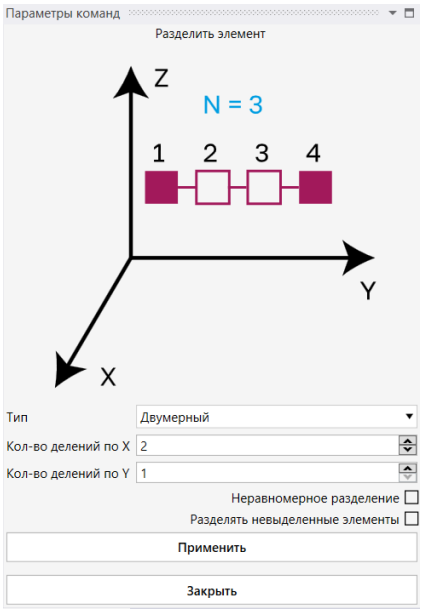


Рисунок 2.30 – Команда «Разделить элемент» (двумерный тип)

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.6.16 Объединить элемент

Для объединения элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Объединить элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Объединить элемент». (см. Рисунок 2.31). Выберите элементы в окне визуализации, которые необходимо объединить. Элементы должны быть последовательно соединены, иметь общие узлы и свойства. При объединении элементов создается один новый элемент, заменяющий выбранные элементы.

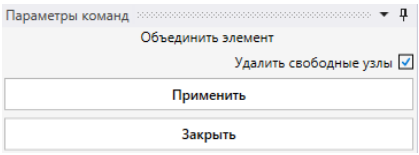


Рисунок 2.31 – Команда «Объединить элемент»

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.6.17Выдавить элемент

Для выдавливания элементов необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Выдавить элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Выдавить элемент». (см. Рисунок 2.32). Выберите узлы или элементы, которые необходимо выдавить.

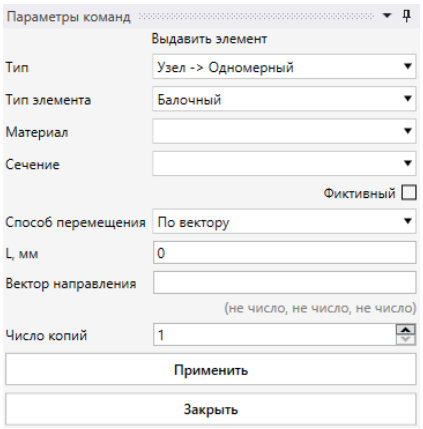


Рисунок 2.32 – Команда «Выдавить элемент»

Команда выдавливания позволяет создавать новые элементы путем перемещения существующих узлов или элементов вдоль заданного направления.

В ПАРИС поддерживается три типа выдавливания:

- Узел → Одномерный – создание стержневых (одномерных) элементов из выбранных узлов;
- Узел → Двумерный – создание плитных (двумерных) элементов из выбранных узлов на основе контура сечения;
- Одномерный → Двумерный – создание плитных элементов из выбранных стержневых элементов.

В зависимости от выбранного типа выдавливания укажите тип создаваемого элемента (балочный, плитный и т.д.). Введите количество создаваемых элементов в поле «Число копий». Укажите свойства элементов (материал, сечение, толщину).

Выберите способ перемещения: по расстоянию или по вектору. Если выбран способ перемещения по расстоянию, то введите смещение координат ΔX, ΔY, ΔZ выбранных элементов или узлов относительно глобальной системы координат в активных единицах измерения. Чтобы вычислить смещение между двумя узлами, введите их номера через пробел в поле «Вычислить по узлам» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. Если выбран способ перемещения по вектору, то введите расстояние от первого узла, на которое должны переместится выбранные элементы. В поле «Вектор направления» введите

номера двух узлов через пробел или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации.

В зависимости от выбранного типа выдавливания выберите исходные элементы в окне визуализации. Для типа «Узел → Одномерный» или «Узел → Двумерный»: выберите узлы, из которых будут созданы новые элементы. Для типа «Одномерный → Двумерный»: выберите стержневые элементы, из которых будут созданы плитные элементы. При выдавливании типа «Узел → Двумерный» программа использует контур сечения для создания плитных элементов. Контур сечения преобразуется в набор плитных элементов, каждый из которых соответствует одной линии контура. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.6.18 Обновить элемент

Для изменения свойств элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Обновить элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Обновить элемент» (см. Рисунок 2.33). Выберите элементы для обновления в окне визуализации. Выберите изменяемое свойство из выпадающего списка (тип, материал, сечение, толщина, поворот локальной оси, обращение локальных осей). Укажите новое значение свойства в соответствующем поле. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

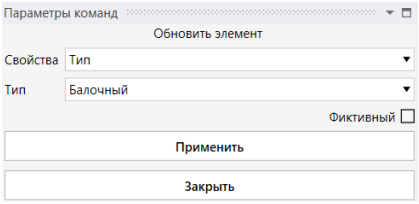


Рисунок 2.33 – Команда «Обновить элемент»

2.6.19 Перенумеровать элемент

Для перенумерации элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Перенумеровать элемент. Откроется окно Параметров команд с названием

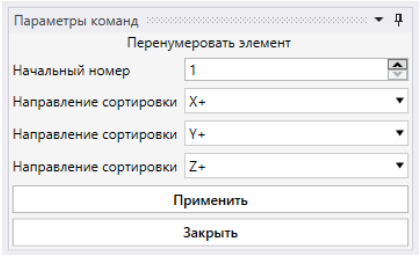


Рисунок 2.34 – Команда «Перенумеровать элемент»

«Перенумеровать элемент» (см. Рисунок 2.34).

Выберите элементы для перенумерации в окне визуализации. Задайте начальный номер, с которого будут начинаться перенумерованные элементы. Выберите приоритетность направления сортировки в глобальной системе координат. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.6.20 Найти или удалить дубликаты элементов

Для поиска дубликатов элементов (элементов, находящихся в одном и том же положении) необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Найти дубликаты (см. Рисунок 2.35).

Программа автоматически найдет все элементы, которые имеют одинаковые узлы. Найденные дубликаты будут выделены в окне визуализации. Для удаления найденных дубликатов воспользуйтесь командой Удалить дубликаты.

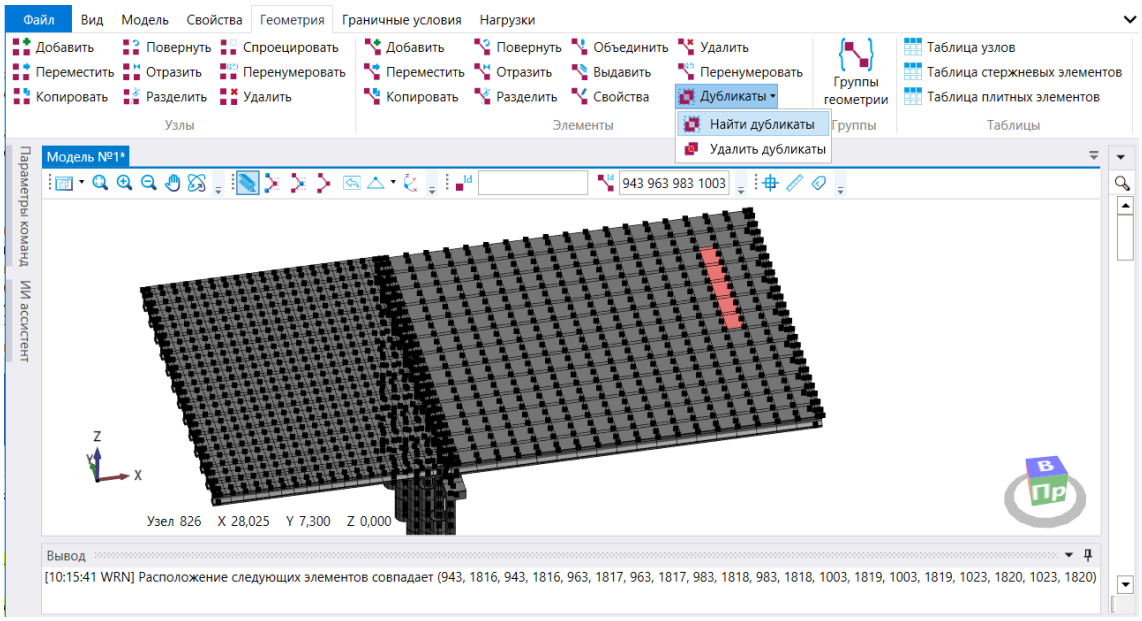


Рисунок 2.35 – Команда «Найти дубликаты»

2.6.21 Удалить элемент

Для удаления элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Удалить

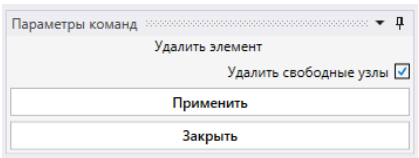


Рисунок 2.36 – Команда «Удалить элемент»

элемент. Откроется окно Параметров команд с названием «Удалить элемент» (см. Рисунок 2.36). Выберите элементы для удаления в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости удалить только свободные выбранные узлы установите флажок «Удалить свободные узлы». По умолчанию флажок всегда активен.

При необходимости удалить все выбранные узлы, в том числе связанные с существующими элементами, снимите флажок «Удалить свободные узлы».

2.6.22Группы геометрии

Для задания / редактирования группы геометрии (узлов и элементов) расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты

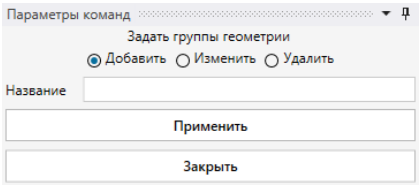


Рисунок 2.37 – Команда «Группы геометрии»

Геометрия и далее командой Группы геометрии. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать группы геометрии» (см. Рисунок 2.37). Выберите узлы и элементы для группировки. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменения существующей группы, установите флажок «Изменить». Выберите название изменяемой группы, при необходимости введите новое название. В окне визуализации выделите элементы для группировки. Для замены элементов в группе нажмите кнопку «Применить». Для добавления элементов в группу нажмите кнопку «Добавить».

При необходимости удаления существующей группы, установите флажок «Удалить». Выберите удаляемую группу. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.6.23Группы сечений

Для задания группы переменных сечений необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Группы сечений. Откроется окно Параметров команд с названием «Группы переменных сечений». Выберите в окне визуализации элементы для группировки, имеющие одно и тоже переменное

сечение (см. Раздел 2.7.7). Укажите способ изменения геометрии вдоль локальных осей элементов в группе: линейно или полиномиально. При полиномиальном изменении геометрии необходимо указать степень функции для аппроксимации (положительное значение строит вогнутое очертание элементов, отрицательное значение – выпуклое очертание). Для обращения локальной оси элементов необходимо установить соответствующий флажок. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

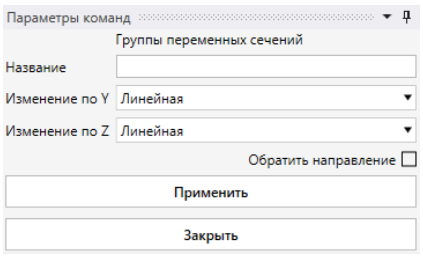


Рисунок 2.38 – Команда «Группы сечений»

2.7 Свойства

Для добавления и редактирования свойств необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства (см. Рисунок 2.39). Вкладка имеет несколько панелей:

- материал – для создания материалов элементов;
- грунт – для задания грунтов и групп грунтов;
- сечение – для задания геометрических характеристик сечений элементов;
- армирование – для создания армирования;
- таблицы – для просмотра и редактирования вышеописанных свойств, а также отображения весов элементов.

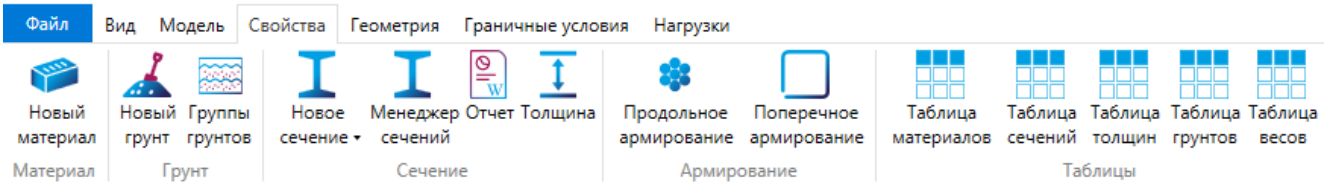


Рисунок 2.39 – Вкладка ленты Свойства

2.7.1 Новый материал

Для добавления нового материала к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Новый материал (см. Рисунок 2.40). В ПАРИС поддерживаются только линейные изотропные материалы.

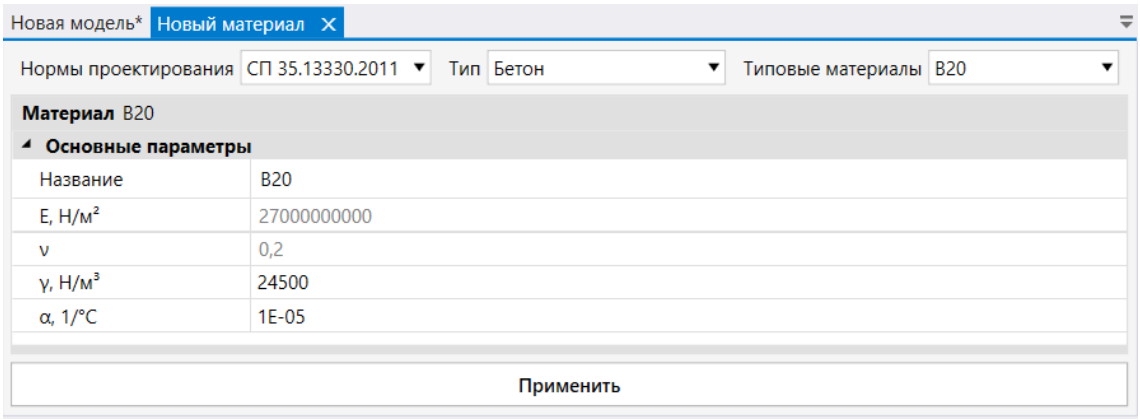


Рисунок 2.40 – Окно создания / редактирования материала

В ПАРИС доступен выбор материалов из базы данных в соответствии с выбранными нормами проектирования. В качестве типа материала необходимо указать «Бетон», «Сталь арматурная», «Сталь прокатная» или «Сталежелезобетон». После этого будет доступен выбор типового материала. Для сталежелезобетонного материала доступны настройки параметров стали и бетона. При необходимости характеристики материала можно отредактировать перед добавлением к расчетной модели.

Название материала заполняется автоматически, если он типовой. При необходимости введите или отредактируйте название. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки. При необходимости изменения свойств созданного материала воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.18.4).

2.7.2 Новый грунт

Для добавления нового грунта к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Новый грунт (см. Рисунок 2.41). В зависимости от выбранного типа грунта изменяются необходимые для заполнения свойства.

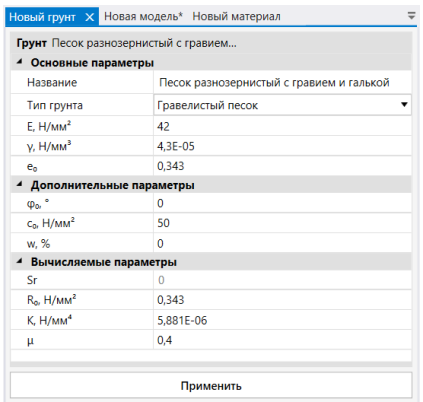


Рисунок 2.41 – Окно создания / редактирования грунта

После заполнения свойств грунта активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки. При необходимости изменения свойств созданного грунта воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.18.4).

2.7.3 Группы грунтов

Для задания / редактирования группы грунтов необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Группы грунтов. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать группы грунтов» (см. Рисунок 2.42).

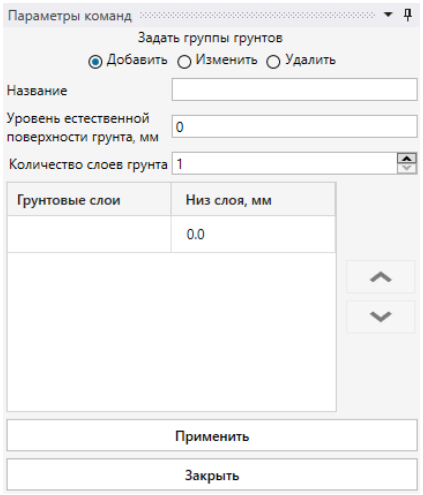


Рисунок 2.42– Команда «Задать группы грунтов»

В группе необходимо указать название группы, уровень поверхности грунта и задать послойно ранее созданные грунты с указанием отметки низа каждого слоя. Для изменения положения слоя грунта воспользуйтесь кнопками со стрелками справа от таблицы слоев. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменения существующей группы, установите флажок «Изменить». Выберите изменяемую группу грунтов и введите новые параметры. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения редактирования группы грунтов.

При необходимости удаления существующей группы, установите флажок «Удалить». Выберите удаляемую группу. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения удаления группы.

2.7.4 Новое простое сечение

Для добавления нового простого сечения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства, нажав на кнопку «Новое сечение» из выпадающего списка выбрать «Простое сечение» (см. Рисунок 2.43).

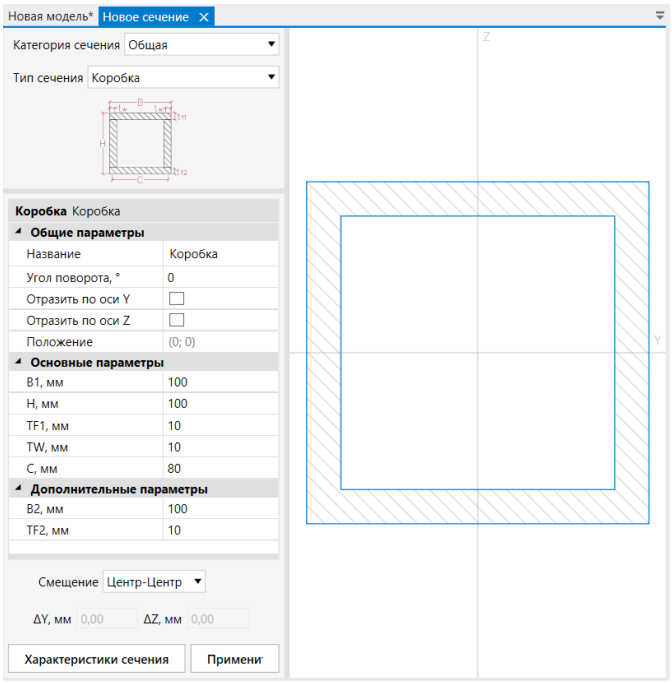


Рисунок 2.43– Окно создания / редактирования простого сечения

В ПАРИС поддерживается создание стандартных сечений различных типов. В окне редактирования сечения выберите категорию сечения и тип сечения из соответствующих выпадающих списков.

Каждое стандартное сечение должно иметь название, заполняемое в разделе «Общие параметры» (см. Рисунок 2.44). По умолчанию название дублирует тип создаваемого сечения.

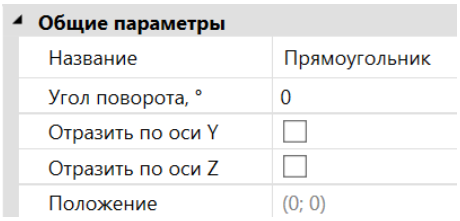
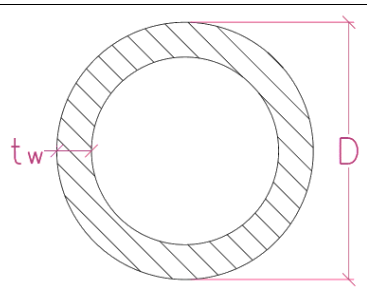
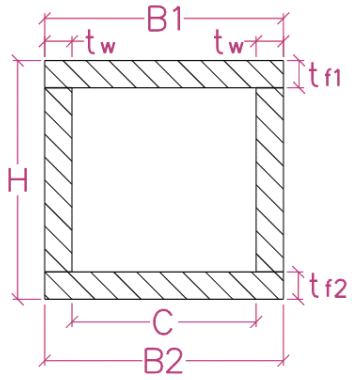
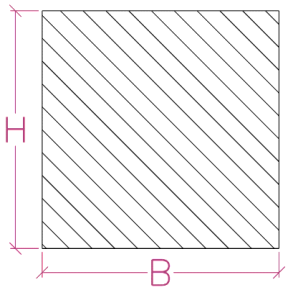


Рисунок 2.44– Общие параметры сечения

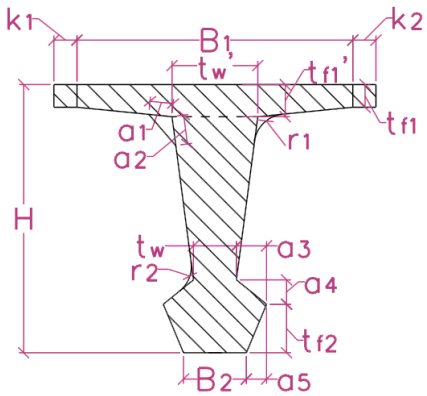
Для каждого сечения доступны функции поворота на произвольный угол и отражения относительно локальных осей.

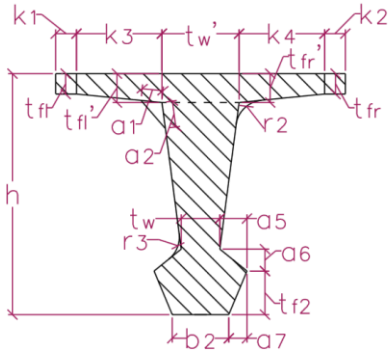
Для удобства выбора все стандартные сечения разбиты на категории, а категории – на типы. Типы внутри категории отсортированы по алфавиту.

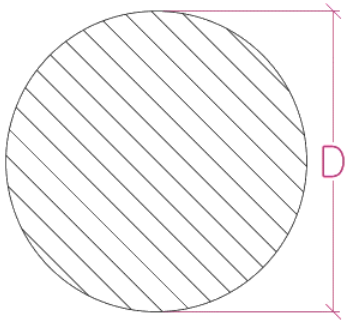
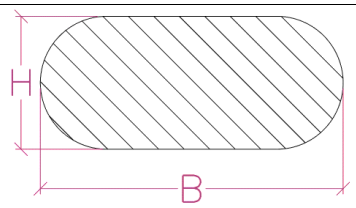
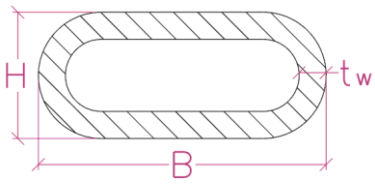
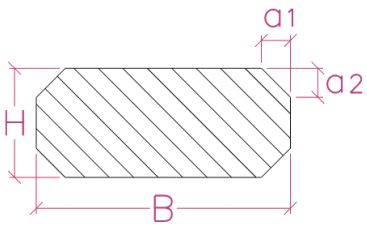
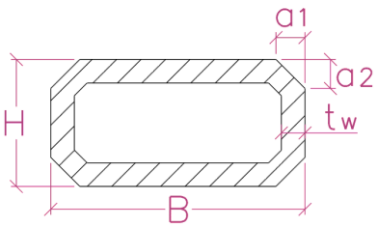
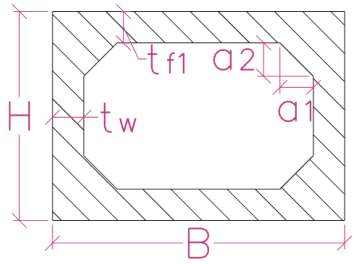
- Категория сечения «Общая». К данной категории относятся сечения, которые могут использоваться для элементов из разных материалов и их нельзя однозначно классифицировать.

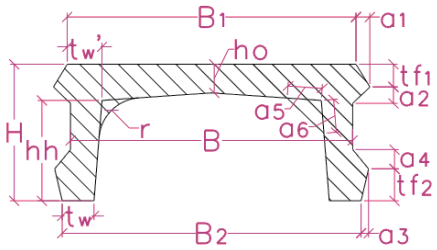
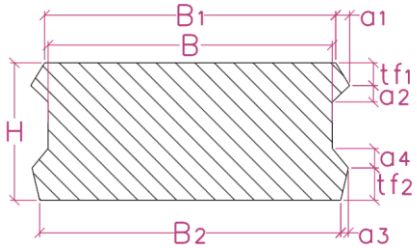
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Кольцо D – наружный диаметр t_w – толщина стенки	
Коробка B_1 – ширина верхней полки B_2 – ширина нижней полки C – расстояние в свету между стенками H – высота t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – *толщина нижней полки*	
Прямоугольник B - ширина H – высота	

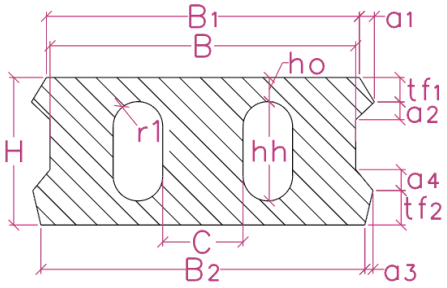
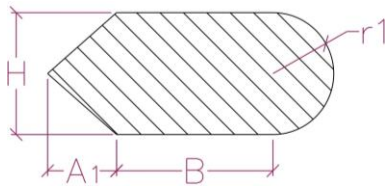
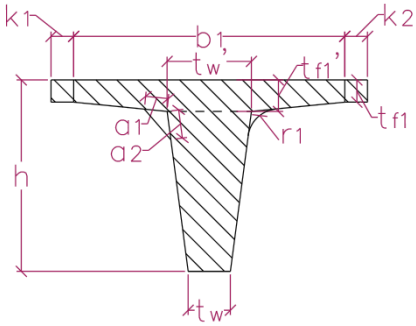
- Категория сечения «Бетон». К данной категории относятся сечения, которые преимущественно используют для элементов, изготавливаемых из бетона или железобетона.

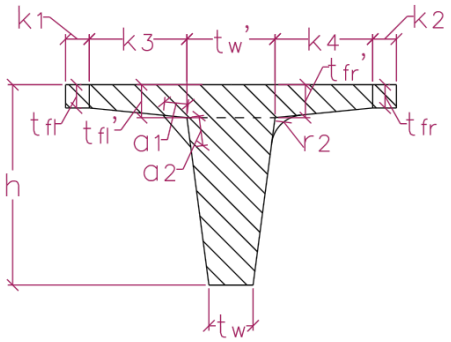
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Двутавровая балка B_1 – ширина верхней полки B_2 – ширина нижней полки t_w – толщина стенки t_w' – уширение стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f1}' – уширение верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки k_1 – левая консоль k_2 – правая консоль a_1 – ширина верхнего вута	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
a_2 – высота верхнего вута a_3 – ширина нижнего вута a_4 – высота нижнего вута a_5 – ширина фаски r_1 – радиус верхнего вута r_2 – *радиус нижнего вута*	
Двутавровая несимметричная балка h – высота t_w – толщина стенки t_{fl} – толщина левой полки t_{fr} – толщина правой полки t_{f2} – толщина полки B_2 – ширина нижней полки k_3 – левая консоль k_4 – правая консоль t'_w – уширение стенки t'_{fl} – уширение левой полки t'_{fr} – уширение правой полки k_1 – левая консоль k_2 – правая консоль A_1 – ширина фаски A_2 – высота фаски A_3 – ширина второй фаски A_4 – высота второй фаски A_5 – ширина третьей фаски A_6 – высота третьей фаски A_7 – ширина четвертой фаски r_1 – радиус верхнего вута r_2 – радиус верхнего вута r_2 – *радиус нижнего вута*	

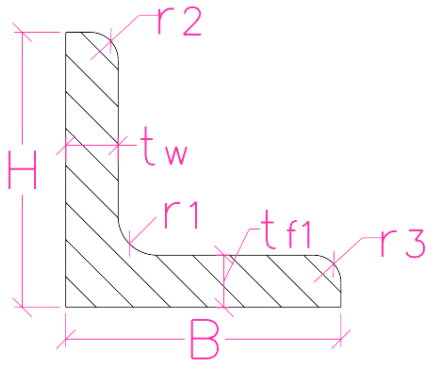
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Круг *D* –диаметр	
Овал *B* – ширина *H* – высота	
Овал пустотелый *B* – ширина *H* – высота t_w – толщина стенки	
Октаэдр *B* – ширина *H* – высота a_1 – ширина фаски a_2 – высота фаски	
Октаэдр пустотелый *B* – ширина *H* – высота a_1 – ширина фаски a_2 – высота фаски t_w – толщина стенки	
Октаэдр расширенный *B* – ширина *H* – высота a_1 – ширина фаски a_2 – высота фаски t_w – толщина стенки t_{f1} – *толщина полки*	

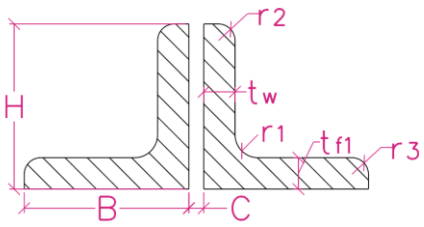
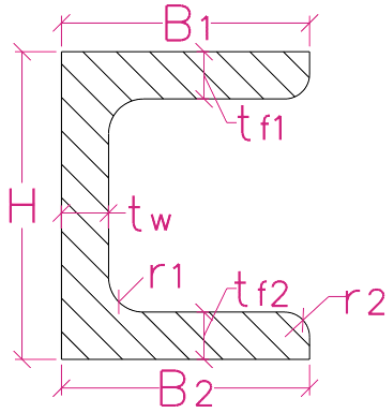
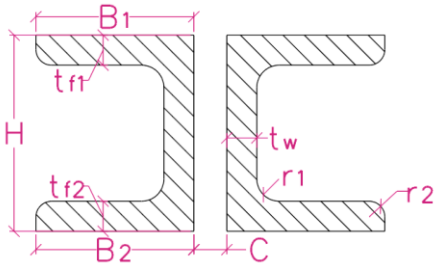
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
П-образная балка *B* – ширина B_1 – ширина поверху B_2 – ширина понизу *H* – высота t_w – толщина стенки t_w' – уширение стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки a_1 – ширина верхней фаски a_2 – высота верхней фаски a_3 – ширина нижней фаски a_4 – высота нижней фаски a_5 – ширина вута a_6 – высота вута *r* – радиус вута *hh* – высота отверстия h_0 – *смещение отверстия*	
Плитная балка *B* – ширина *H* – высота B_1 – ширина верхней полки B_2 – ширина нижней полки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки a_1 – ширина фаски a_2 – высота фаски a_3 – ширина второй фаски a_4 – высота второй фаски	

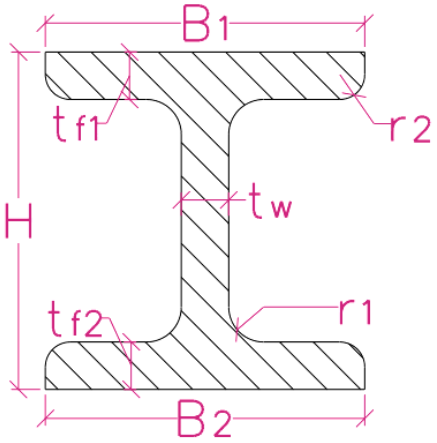
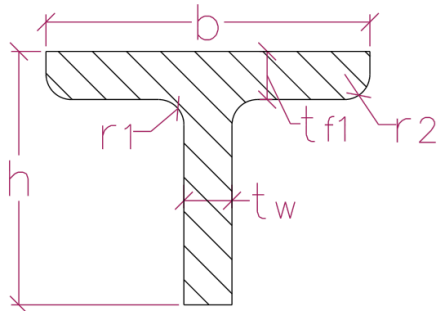
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Плитная пустотелая балка B – ширина H – высота B_1 – ширина верхней полки B_2 – ширина нижней полки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки a_1 – ширина фаски a_2 – высота фаски a_3 – ширина второй фаски a_4 – высота второй фаски C – расстояние между отверстиями hh – высота отверстия h_0 – смещение отверстия r_1 – радиус скругления отверстия	
Пятиугольник B – ширина H – высота A_1 – ширина фаски r_1 – радиус закругления	
Тавровая балка H – высота B_1 – ширина полки t_w – толщина стенки t_w' – уширение стенки t_{f1} – толщина полки t_{f1}' – уширение полки k_1 – левая консоль k_2 – правая консоль a_1 – ширина вута a_2 – высота вута r_1 – радиус вута	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Тавровая несимметричная балка h – высота t_w – толщина стенки t_{fl} – толщина левой полки t_{fr} – толщина правой полки t_{f2} – толщина полки B_2 – ширина нижней полки k_3 – левая консоль k_4 – правая консоль t'_w – уширение стенки t'_{fl} – уширение левой полки t'_{fr} – уширение правой полки k_1 – левая консоль k_2 – правая консоль A_1 – ширина фаски A_2 – высота фаски A_3 – ширина второй фаски A_4 – высота второй фаски r_1 – радиус верхнего вута r_2 – радиус верхнего вута	

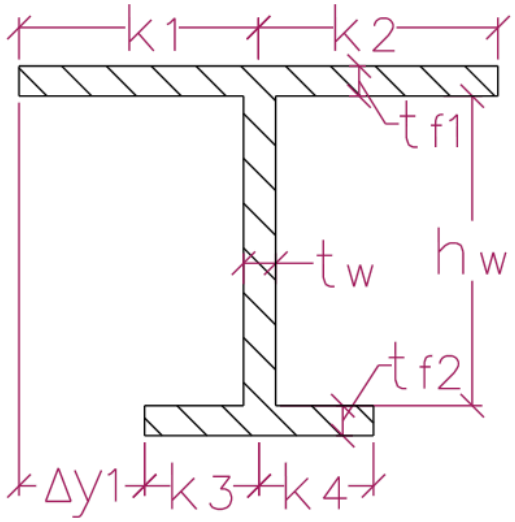
- Категория сечения «Сталь прокатная». К данной категории относятся сечения, которые преимущественно используют для элементов, изготавливаемых из стали.

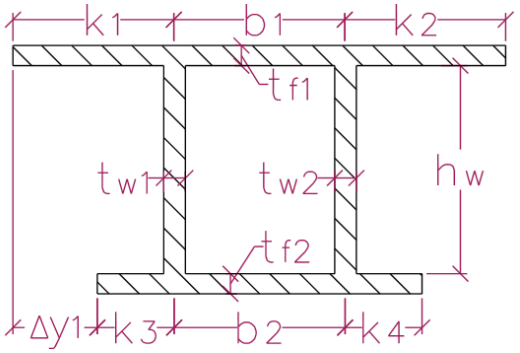
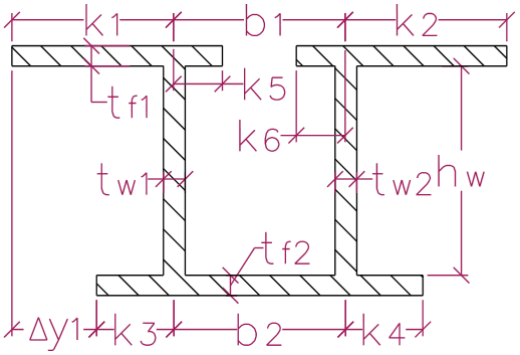
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Уголок B – ширина H – высота t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина полки r_1 – радиус r_2 – радиус r_3 – радиус	

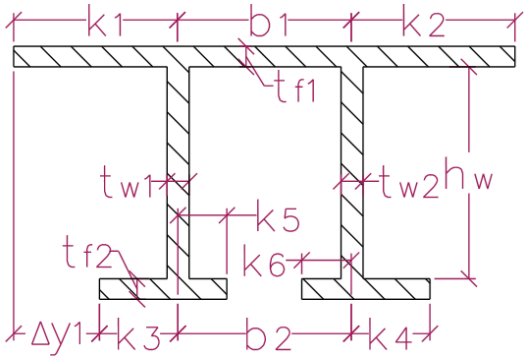
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Два уголка B – ширина H – высота t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина полки r_1 – радиус r_2 – радиус r_3 – радиус C – расстояние между стенками	
Швеллер B_1 – ширина верхней полки B_2 – ширина нижней полки H – высота t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки r_1 – радиус r_2 – радиус	
Два швеллера B_1 – ширина верхней полки B_2 – ширина нижней полки H – высота t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки r_1 – радиус r_2 – радиус C – расстояние между стенками	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Двутавр B_1 – ширина верхней полки B_2 – ширина нижней полки H – высота t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки r_1 – радиус r_2 – радиус	
Тавр B – ширина H – высота t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина полки r_1 – радиус r_2 – радиус	

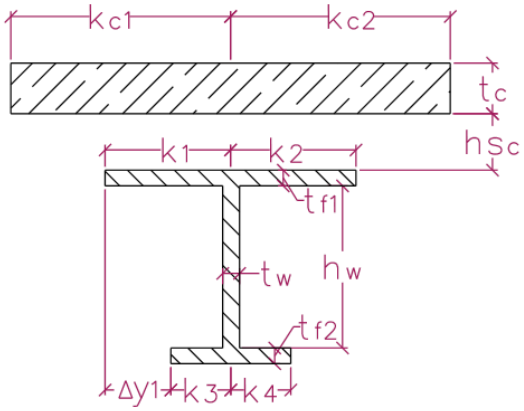
- Категория сечения «Сталь сварная». К данной категории относятся сечения, которые преимущественно используют для элементов, изготавливаемых из стали для главных балок, подкрепленных ребрами жесткости.

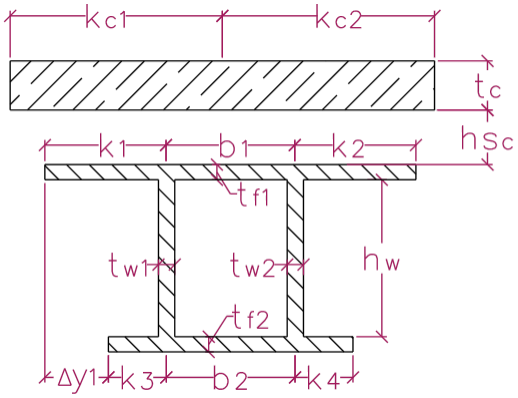
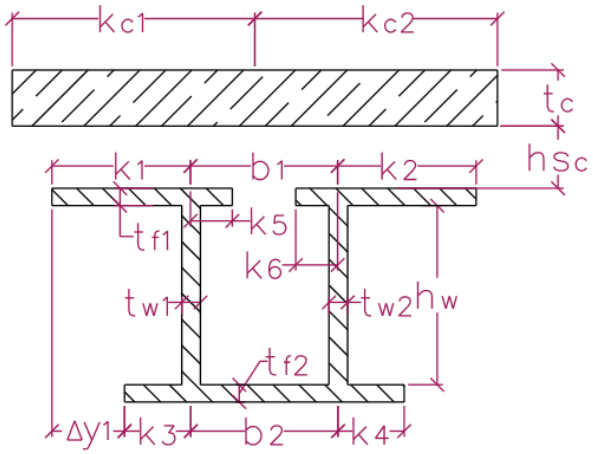
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Двутавр K_1 – левая верхняя консоль K_2 – правая верхняя консоль K_3 – левая нижняя консоль K_4 – правая нижняя консоль H_w – высота стенки t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки ΔY_1 – смещение начала консоли нижней полки относительно начала верхней	

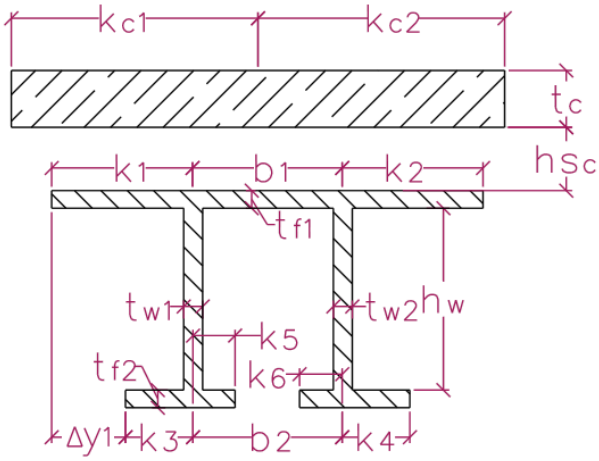
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Коробка K_1 – левая верхняя консоль K_2 – правая верхняя консоль B_1 – ширина верхней полки K_3 – левая нижняя консоль K_4 – правая нижняя консоль B_2 – ширина нижней полки H_w – высота стенки t_{w1} – толщина левой стенки t_{w2} – толщина правой стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки ΔY_1 – смещение начала консоли нижней полки относительно начала верхней	
Коробка (отверстие сверху) K_1 – левая верхняя консоль K_2 – правая верхняя консоль B_1 – ширина верхней полки K_3 – левая нижняя консоль K_4 – правая нижняя консоль K_5 – консоль слева от проёма K_6 – консоль справа от проёма B_2 – ширина нижней полки H_w – высота стенки t_{w1} – толщина левой стенки t_{w2} – толщина правой стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки ΔY_1 – смещение начала консоли нижней полки относительно начала верхней	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Коробка (отверстие снизу) K_1 – левая верхняя консоль K_2 – правая верхняя консоль B_1 – ширина верхней полки K_3 – левая нижняя консоль K_4 – правая нижняя консоль K_5 – консоль слева от проёма K_6 – консоль справа от проёма B_2 – ширина нижней полки H_w – высота стенки t_{w1} – толщина левой стенки t_{w2} – толщина правой стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки ΔY_1 – смещение начала консоли нижней полки относительно начала верхней	

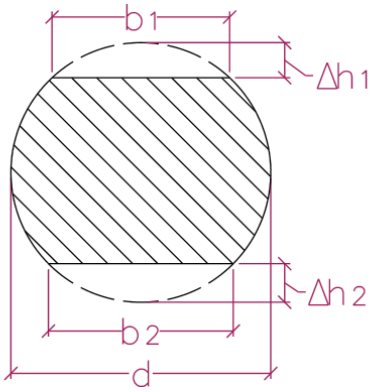
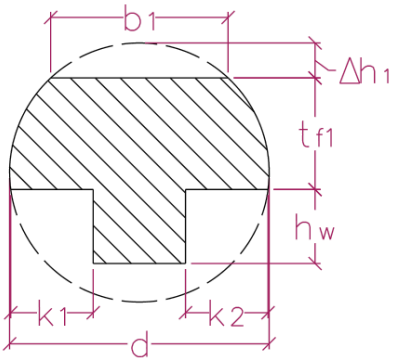
- Категория сечения «Сталежелезобетон». К данной категории относятся сечения, которые преимущественно используют для элементов, изготавливаемых из стали для главных балок, подкрепленных ребрами жесткости, и объединенных в верхней части в совместную работу с железобетонной плитой проезжей части.

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Сталежелезобетонный двутавр KC_1 – левая консоль ж/б плиты KC_2 – правая консоль ж/б плиты TC – толщина ж/б плиты HSC – вертикальное смещение ж/б плиты K_1 – левая верхняя консоль K_2 – правая верхняя консоль K_3 – левая нижняя консоль K_4 – правая нижняя консоль H_w – высота стенки t_w – толщина стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
ΔY_1 – смещение начала консоли нижней полки относительно начала верхней	
Сталежелезобетонная коробка KC_1 – левая консоль ж/б плиты KC_2 – правая консоль ж/б плиты TC – толщина ж/б плиты HSC – вертикальное смещение ж/б плиты K_1 – левая верхняя консоль K_2 – правая верхняя консоль B_1 – ширина верхней полки K_3 – левая нижняя консоль K_4 – правая нижняя консоль B_2 – ширина нижней полки H_w – высота стенки t_{w1} – толщина левой стенки t_{w2} – толщина правой стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки YMF – коэффициент к учету модуля упругости плиты PWF – коэффициент к учету веса плиты ΔY_1 – смещение начала консоли нижней полки относительно начала верхней	
Сталежелезобетонная коробка (отверстие сверху) KC_1 – левая консоль ж/б плиты KC_2 – правая консоль ж/б плиты TC – толщина ж/б плиты HSC – вертикальное смещение ж/б плиты K_1 – левая верхняя консоль K_2 – правая верхняя консоль B_1 – ширина верхней полки K_3 – левая нижняя консоль K_4 – правая нижняя консоль K_5 – консоль слева от проёма K_6 – консоль справа от проёма	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
B_2 – ширина нижней полки H_w – высота стенки t_{w1} – толщина левой стенки t_{w2} – толщина правой стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки *YMF* – коэффициент к учету модуля упругости плиты *PWF* – коэффициент к учету веса плиты ΔY_1 – смещение начала консоли нижней полки относительно начала верхней	
Сталежелезобетонная коробка (отверстие снизу) KC_1 – левая консоль ж/б плиты KC_2 – правая консоль ж/б плиты *TC* – толщина ж/б плиты *HSC* – вертикальное смещение ж/б плиты K_1 – левая верхняя консоль K_2 – правая верхняя консоль B_1 – ширина верхней полки K_3 – левая нижняя консоль K_4 – правая нижняя консоль K_5 – консоль слева от проёма K_6 – консоль справа от проёма B_2 – ширина нижней полки H_w – высота стенки t_{w1} – толщина левой стенки t_{w2} – толщина правой стенки t_{f1} – толщина верхней полки t_{f2} – толщина нижней полки *YMF* – коэффициент к учету модуля упругости плиты *PWF* – коэффициент к учету веса плиты ΔY_1 – смещение начала консоли нижней полки относительно начала верхней	

- Категория сечения «Дерево». К данной категории относятся сечения, которые преимущественно используют для элементов, изготавливаемых из дерева.

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
Круглый брус с прирубками d – диаметр b_1 – ширина верхней полки b_2 – ширина нижней полки Δh_1 – высота верхней вырубки Δh_2 – высота нижней вырубки	
Т-образный брус d – диаметр b_1 – ширина верхней полки h_W – высота стенки t_{F1} – толщина полки k_1 – левая консоль k_2 – правая консоль Δh_1 – высота вырубки	

Для сечений категорий «Сталь прокатная», «Сталь сварная», «Сталежелезобетон» и сечения «Прямоугольник» дополнительно можно задать сквозные отверстия (см. Рисунок 2.45), указав диаметр отверстия, их количество, шаг, место расположения и смещение вдоль участка расположения.

Для сечений категорий «Сталь сварная» и «Сталежелезобетон» дополнительно можно задать ребра жесткости (см. Рисунок 2.46), указав тип ребра (прямоугольное, Т-образное, U-образное) и параметры его сечения, расположение ребер на участках поперечного сечения, их количество, шаг и смещение внутри участка.

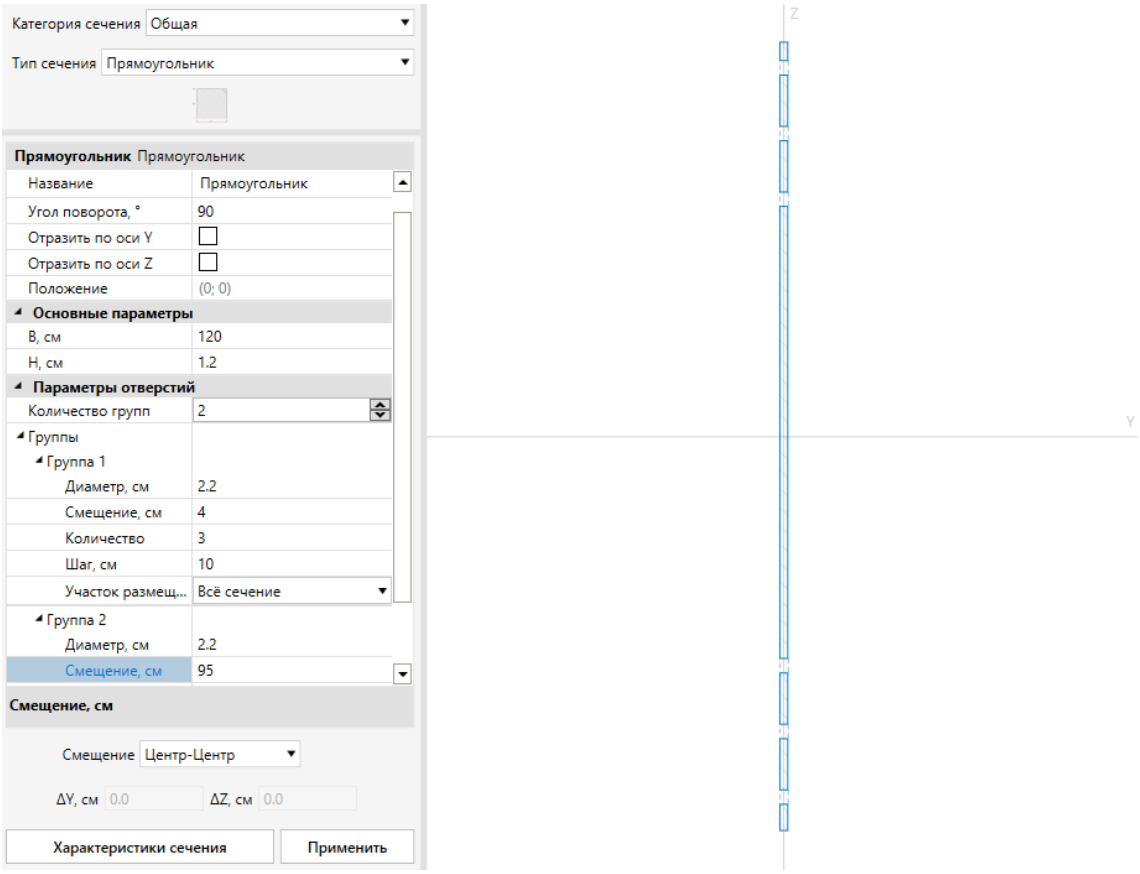


Рисунок 2.45 – Параметры задания отверстий

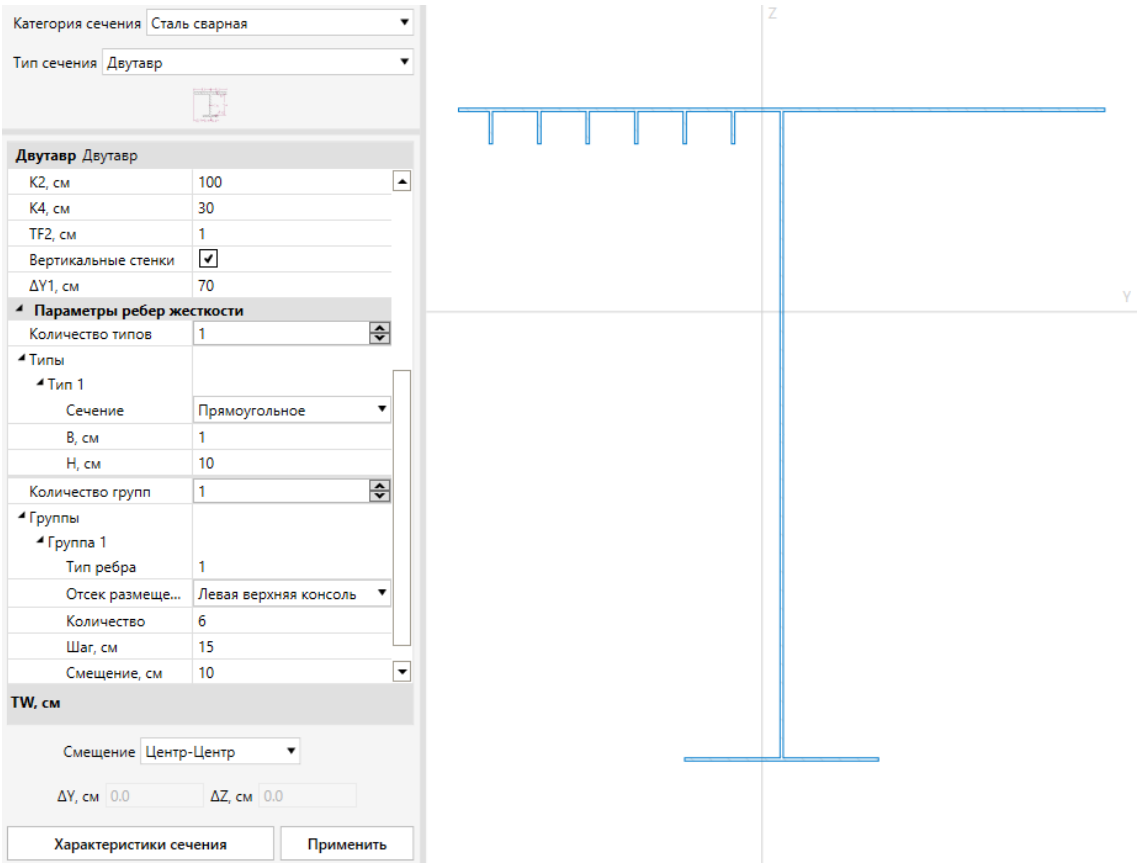


Рисунок 2.46 – Параметры задания ребер жесткости

Для некоторых типов сечений доступны каталоги типовых профилей, сформированные по данным актуальных и упраздненных нормативных документов. Для создания стандартного сечения выберите каталог из выпадающего списка «Каталог сечений» и затем выберите конкретное сечение из списка «Название». Пример стандартного двутавра из сортамента металлопроката по ГОСТ 2620-83 приведен на Рисунок 2.47.

Для расчета и просмотра геометрических характеристик сечения нажмите кнопку «Характеристики сечения». При просмотре характеристик сечения на сформированном сечении отображаются точки (т. 1 - 4), в которых буду вычисляться напряжения в балочном элементе, и центр тяжести (т. 0). После настройки всех параметров сечения добавьте его в структуру модели нажатием кнопки «Применить».

Все стандартные сечения могут быть сохранены в файл и загружены в другие проекты (см. раздел 2.7.9).

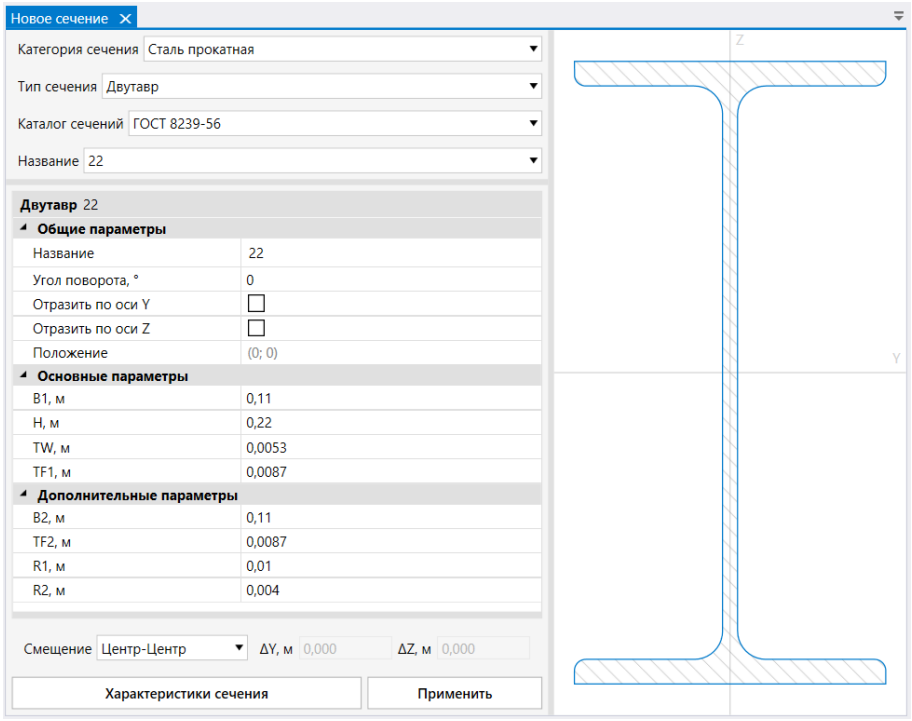


Рисунок 2.47 – Окно создания сечения с помощью данных из сортамента металлопроката

2.7.5 Новое произвольное сечение

Для добавления нового произвольного сечения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты «Свойства», нажав на кнопку «Новое сечение» из выпадающего списка выбрать «Произвольное сечение» (см. Рисунок 2.48).

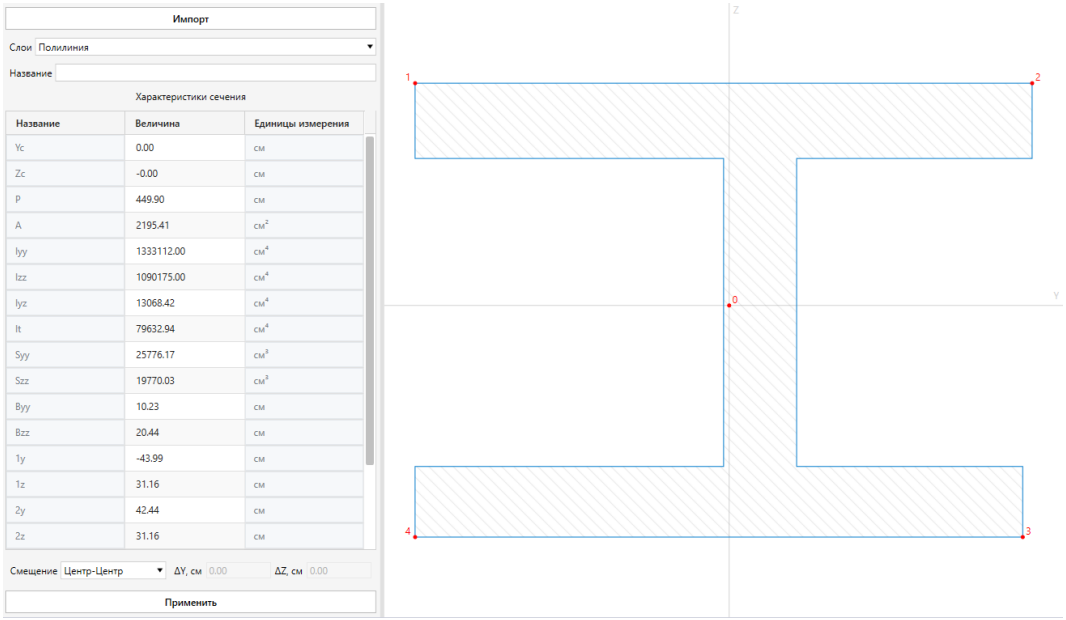


Рисунок 2.48 – Окно создания / редактирования произвольного сечения

В ПАРИС поддерживается импорт произвольного замкнутого сечения, созданного в сторонней CAD-системе и сохраненного в формате *.dxf. В ПАРИС поддерживаются версии dxf 2000 года и новее. Внутри CAD-системы сечение обязательно должно иметь размеры в соответствии с активными единицами измерения в ПАРИС.

Для осуществления импорта необходимо нажатие соответствующей кнопки. Откроется диалоговое окно выбора файла. После выбора файла загрузятся все доступные элементы и слои файла dxf. После выбора необходимого слоя из выпадающего списка программа отобразит сечение и автоматически рассчитает его геометрические характеристики. При необходимости доступна возможность редактирования вычисленных параметров.

Введите название сечения, активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для добавления сечения к расчетной модели.

2.7.6 Новое составное сечение

Для добавления нового составного сечения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты «Свойства», нажав на кнопку «Новое сечение» из выпадающего списка выбрать «Составное сечение» (см. Рисунок 2.49).

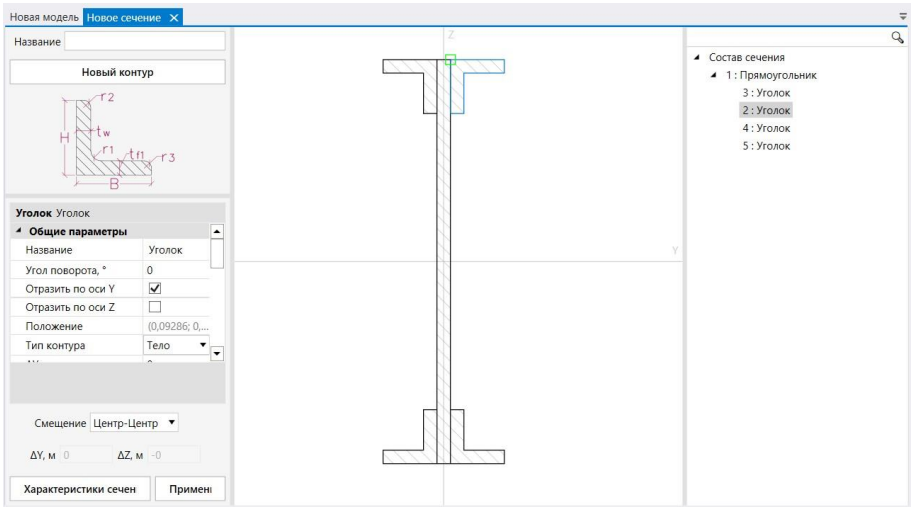


Рисунок 2.49 – Окно создания / редактирования составного сечения

В ПАРИС поддерживается сборка составного сечения из стандартных контуров. Интерфейс создания нового сечения отличается от интерфейса создания простого сечения наличием древовидного меню, отражающего состав сечения, и интерактивной рабочей областью для взаимодействия с контурами.

Для добавления нового контура необходимо нажатие соответствующей кнопки. В открывшемся окне необходимо выбрать из списка нужный контур и нажать кнопку «Добавить». Новый контур добавится на рабочую область, а его центр тяжести будет совпадать с началом координат. Параметры выделенного контура доступны для просмотра и редактирования в таблице свойств. Выделить контур возможно кликом левой кнопки мыши внутри контура, прямоугольной областью или в древовидном меню. Перемещение выделенных контуров выполняется перемещением курсора с зажатой левой клавишей мыши.

Для точного позиционирования контуров друг относительного друга используются магнитные маркеры. Магнитные маркеры становятся видимыми только в режиме перемещения контуров. В процессе примагничивания двух контуров они объединяются между собой. При этом зависимым контуром становится перемещаемый контур, что отражается в иерархии древовидного меню.

Примагниченные маркеры двух контуров меняют свой цвет с красного на зеленый. Для разрыва объединения необходимо переместить зависимый контур разорвав магнитную привязку или воспользоваться соответствующей контекстной командой в древовидном меню. Стоит учитывать, что изменения параметров (размеров, угла поворота, смещения и т.п.) главного контура влияют и на параметры зависимых контуров. Подчиненным контурам можно назначить тип контура – отверстие. Благодаря этому можно формировать составные сечения с отверстиями.

В составных сечениях для сечений категорий «Сталь прокатная», «Сталь сварная», «Сталежелезобетон» и сечения «Прямоугольник» остаётся доступен стандартный функционал по заданию отверстий. При объединении контуров такие отверстия автоматически проходят насквозь через все слои.

Введите название сечения, активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для добавления сечения к расчетной модели.

2.7.7 Новое переменное сечение

Для добавления нового переменного сечения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты «Свойства», нажав на кнопку «Новое сечение» из выпадающего списка выбрать «Переменное сечение» (см. Рисунок 2.50).

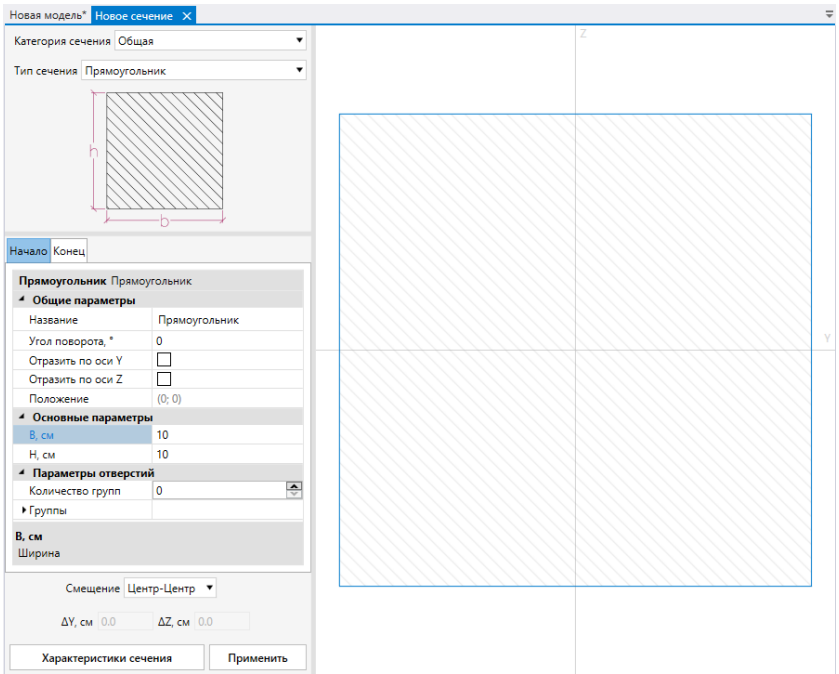


Рисунок 2.50 – Окно создания / редактирования переменного сечения

В ПАРИС можно создавать стержневые элементы с переменным сечением, размеры которого линейно изменяются от начала к концу элемента. Для этого используются стандартные типы сечений и стандартные параметры. На вкладке «Начало» укажите стандартный тип сечения и задайте его параметры – они будут соответствовать сечению в начале элемента. Перейдите на вкладку «Конец» и задайте размеры того же типа сечения для конца элемента. Для расчета и просмотра геометрических характеристик сечения нажмите кнопку «Характеристики сечения». Характеристики определяются для начального и конечного сечения.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для добавления сечения к расчетной модели.

2.7.8 Смещение сечения

По умолчанию точка смещения назначается в центре тяжести сечения "Центр-Центр". Выберите из выпадающего списка вариант смещения или введите пользовательские значения смещения по осям в поле ΔY и ΔX (см. Рисунок 2.51).

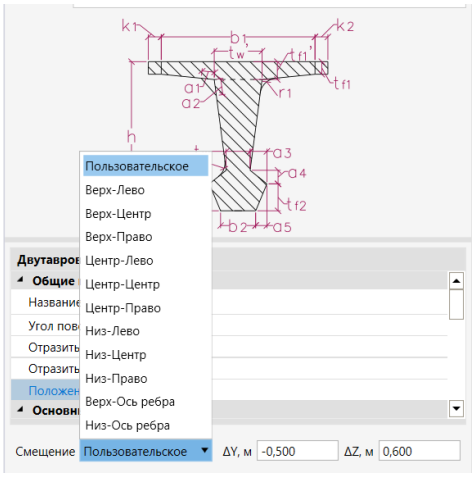


Рисунок 2.51 – Задание смещения точки привязки сечения

Элемент балки определяется двумя узлами и линией, соединяющей их. Эта линия становится опорной линией, представляющей элемент балки, и соответствует нейтральной оси элемента балки.

Если смещение назначено сечению, нейтральная ось перемещается на определенное смещением расстояние, а опорная линия элемента располагается в месте смещения. Опорная линия используется для выбора элементов, для назначения нагрузок, отображения усилий в элементах конструкции, и др. Смещение нейтральной оси относится к опорной линии (см. Рисунок 2.52).

Если смещение назначено сечению, узловая нагрузка (P) остается добавленной к соответственному узлу, несмотря на смещение (см. Рисунок 2.53).



Рисунок 2.52 – Влияние смещения на расчетную схему элемента

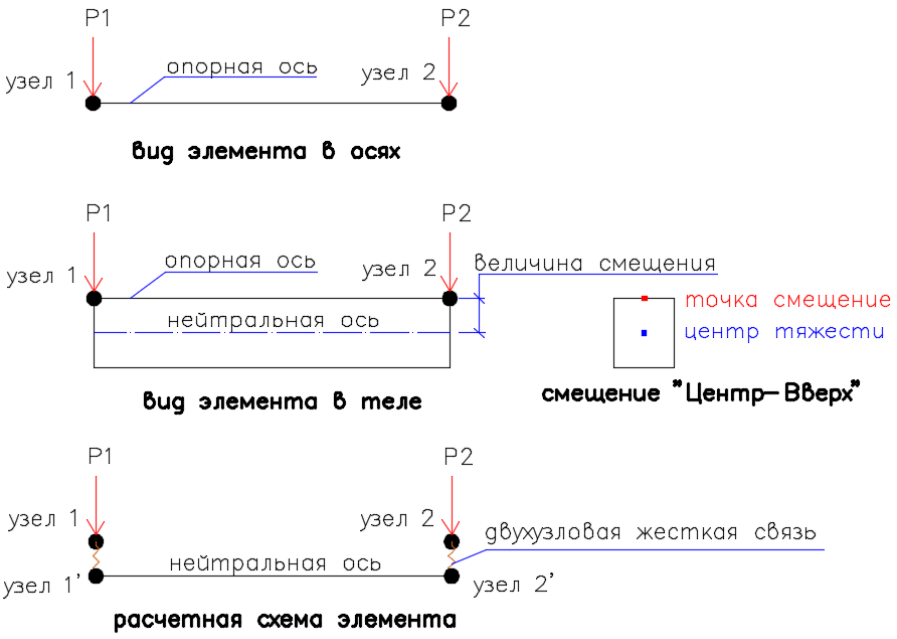


Рисунок 2.53 – Влияние смещения на приложение узловых нагрузок

Распределенная сила всегда добавляется к нейтральной оси стержневого элемента с учетом положения смещения центра тяжести сечения. Нагрузка на стержневой элемент будет добавлена к нейтральной оси, хотя сечение смещено от опорной линии (см. Рисунок 2.54). По этой причине момент кручения от нагрузки на элемент балки не включается в смещение. При отображении расчетной модели в главном окне программы нагрузка в виде распределенных сил на стержневой элемент показана на опорной линии так, как будто она добавлена к ней, но, на самом деле, при выполнении расчета нагрузка добавляется к нейтральной оси.

Внутренние усилия (продольная и поперечная силы, изгибающие моменты и кручение), действующие на элемент балки, рассчитываются по отношению к нейтральной оси. Однако, для упрощения визуального восприятия, на модели усилия, действующие на элемент, отображаются на опорной линии. Но это не означает, что они рассчитываются по отношению к опорной линии. Аналогичным образом прикладываются распределенные силы от собственного веса стержневого элемента, задаваемые с помощью стандартной функции программы.

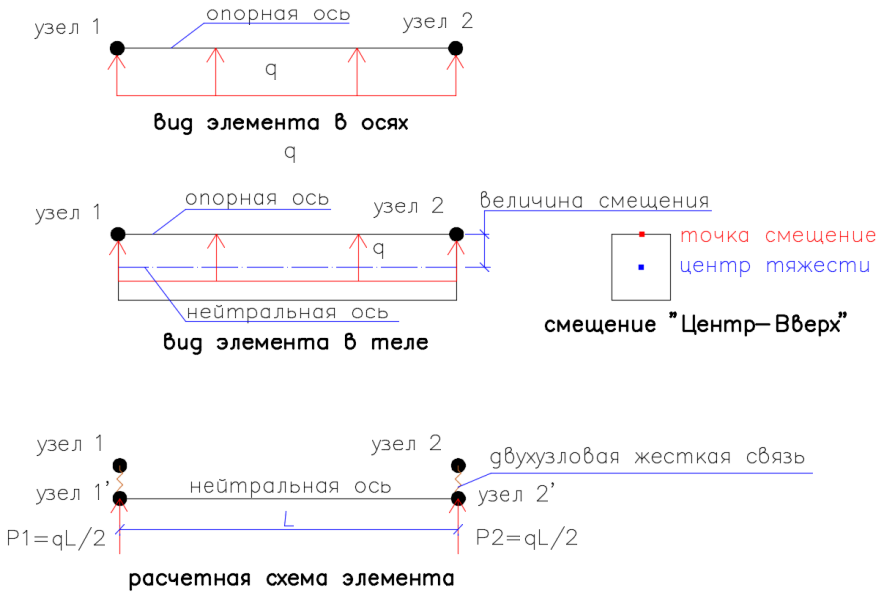


Рисунок 2.54 – Влияние смещения на приложение распределенных сил

2.7.9 Менеджер сечений

Для загрузки ранее сохраненного сечения или сохранения текущего сечения в файл необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Менеджер сечений (см. Рисунок 2.55).

Для сохранения сечения выберите одно или несколько сечений, которые необходимо сохранить. Нажмите кнопку «Сохранить». В открывшемся диалоговом окне выберите путь для сохранения файла и введите имя файла. Сечение будет сохранено в формате *.prss (PARIS Section).

Для загрузки сечения нажмите кнопку «Загрузить сечение». В открывшемся диалоговом окне выберите файл сечения (*.prss). Сечение будет загружено и добавлено в список сечений модели.

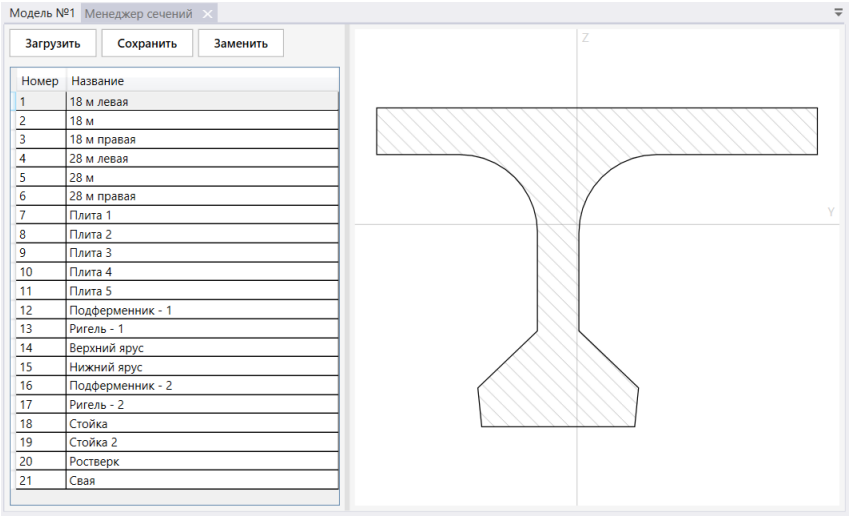


Рисунок 2.55 – Окно сохранения / загрузки / изменения сечений

Для замены сечения выделите только одно сечение и нажмите кнопку «Заменить». В открывшемся диалоговом окне выберите файл сечения (*.prss). Сечение будет заменено на новое с сохранением номера и названия.

Сохраненные сечения могут быть использованы в других проектах, что упрощает работу с типовыми сечениями.

2.7.10Толщина

Для задания / редактирования толщины плитных элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Толщина.

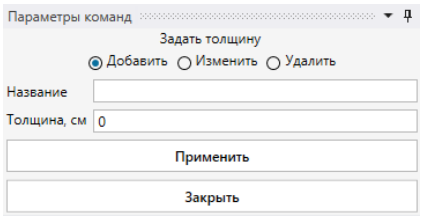


Рисунок 2.56 – Команда «Задать толщину»

Откроется окно Параметров команд с названием «Задать толщину» (см. Рисунок 2.56).

Введите толщину в активных единицах измерения. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки. При необходимости изменения существующей толщины, установите флажок «Изменить». В поле «Толщина» выберите изменяемую толщину и введите новую толщину. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения редактирования толщины.

При необходимости удаления существующей толщины, установите флажок «Удалить». В поле «Толщина» выберите удаляемую толщину. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения удаления толщины.

2.7.11 Армирование

Для задания армирования железобетонных элементов необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командами Продольное армирование (см. Рисунок 2.57) или Поперечное армирование (см. Рисунок 2.58). В качестве продольного армирования задаются арматурные стержни, расположенные вдоль оси элемента, в качестве поперечного армирования – арматурные стержни, расположенные перпендикулярно оси элемента (хомуты, спирали и т.д.).

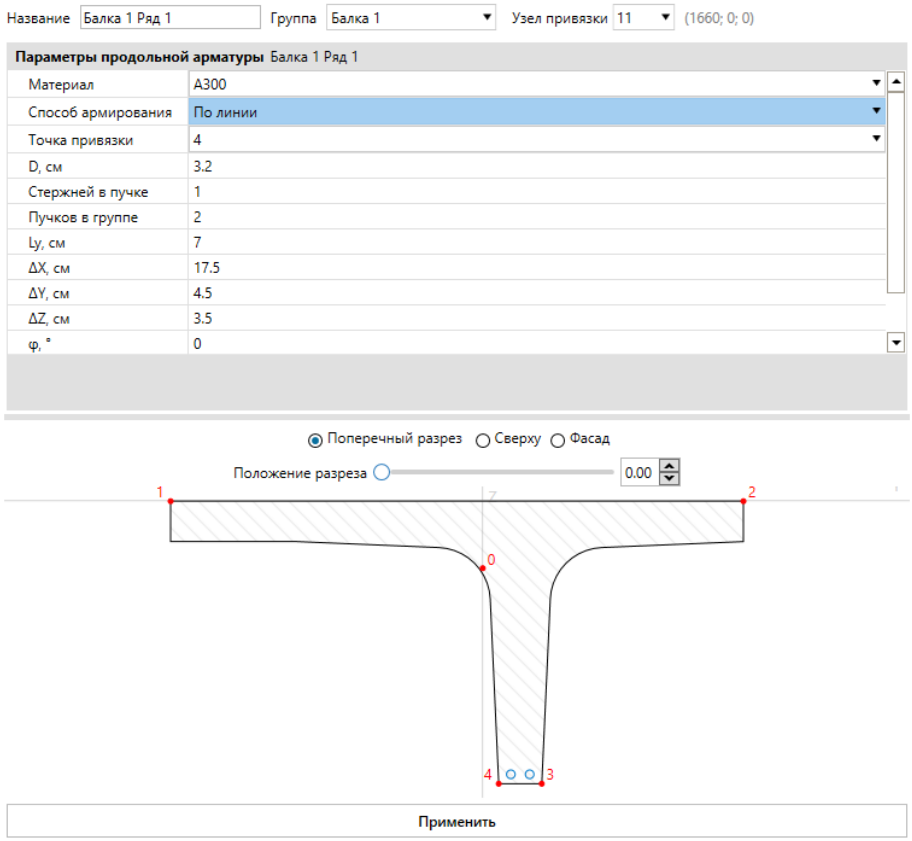


Рисунок 2.57 – Окно задания Продольного армирования

Армирование может быть задано для групп стержневых элементов с бетонными или железобетонными сечениями. После выбора группы элементов обновляется список узлов, в который входят узлы начала и конца группы, а также в окне предварительного просмотра отображаются контуры элементов. Для

задания армирования указывается материал и диаметр стержней, точка привязки к сечению, количество стержней в пучке и пучков в группе, способ расположения пучков (вдоль линии или по радиусу) и т.п.

Для одной группы армирования можно указать несколько сегментов для описания отгибов арматуры или изменения контура армирования в сечении. Каждый сегмент арматурного стержня характеризуется длиной, углом наклона к локальной оси элемента, радиусом отгиба (для первого сегмента радиус не задается). Сегменты продольного армирования определяют траекторию арматурного стержня вдоль балки (по оси X). Сегменты поперечного армирования определяют форму одного хомута в поперечном сечении элемента.

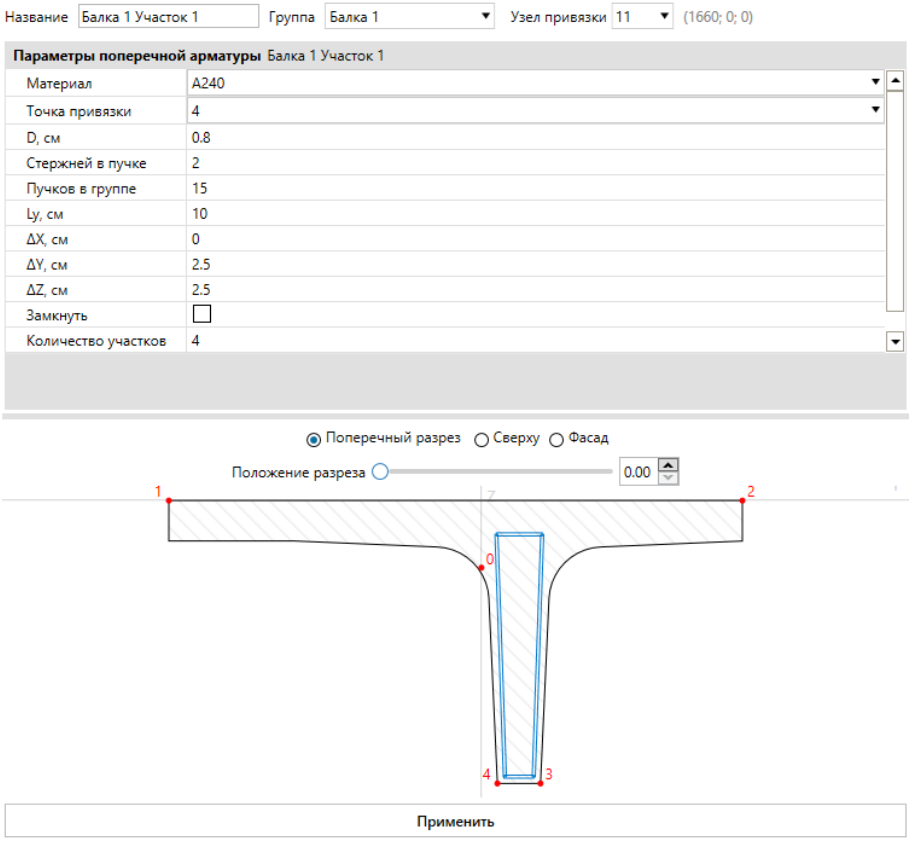


Рисунок 2.58 – Окно задания Поперечного армирования

Шаг поперечного армирования задается параметром «Шаг пучков», который определяет расстояние между соседними хомутами вдоль элемента. Корректность задания армирования можно проконтролировать в окне предварительного просмотра. Используйте переключатели вида (поперечный разрез, сверху, фасад) для просмотра армирования в различных проекциях.

Для редактирования существующего армирования выберите группу армирования в Обозревателе модели, в контекстном меню выберите команду «Изменить». В открывшемся окне редактирования измените необходимые параметры. Нажмите кнопку «Применить» для сохранения изменений. Для удаления армирования выберите группу армирования в Обозревателе модели, в контекстном меню выберите команду «Удалить». Для отображения армирования в окне визуализации модели также воспользуйтесь контекстным меню Обозревателя модели.

2.8 Связи и граничные условия

Для добавления связей и граничных условий необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия (см. Рисунок 2.59)

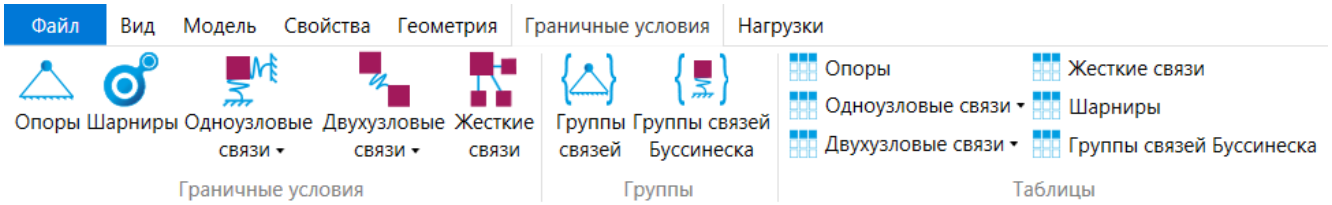


Рисунок 2.59 – Вкладка ленты Граничные условия

2.8.1 Опоры

Для добавления / изменения опоры в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия и далее командой Опоры. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать опоры» (см. Рисунок 2.60).

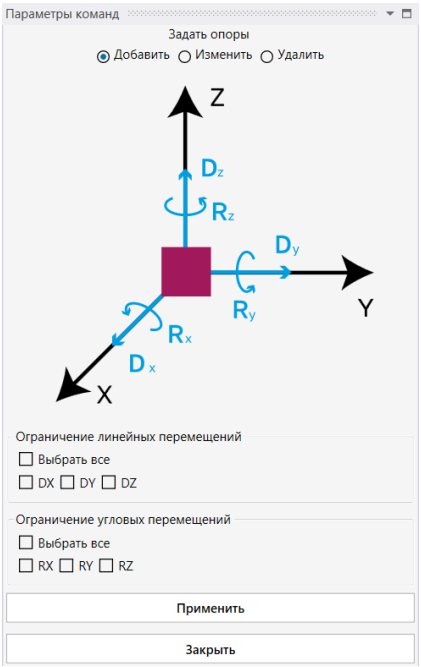


Рисунок 2.60 – Команда «Задать опоры»

В параметрах закрепления указываются ограничения свободы перемещений узлов по нескольким направлениям относительно глобальных осей:

- линейные перемещения DX, DY, DZ;

- угловые перемещения RX, RY, RZ.

Наличие необходимых связей фиксируется с помощью установки соответствующих флажков. В случае, когда нужно отметить все направления, можно воспользоваться кнопкой «Выбрать все». Выберите узлы в окне визуализации, в которых будут установлены опоры. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменить закрепления существующих опор, установите флажок «Изменить». При необходимости удаления существующих опор, установите флажок «Удалить». Выберите узлы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.8.2 Шарниры

Для добавления / изменения шарниров в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия и далее командой Шарниры. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать шарниры». (см. Рисунок 2.61).

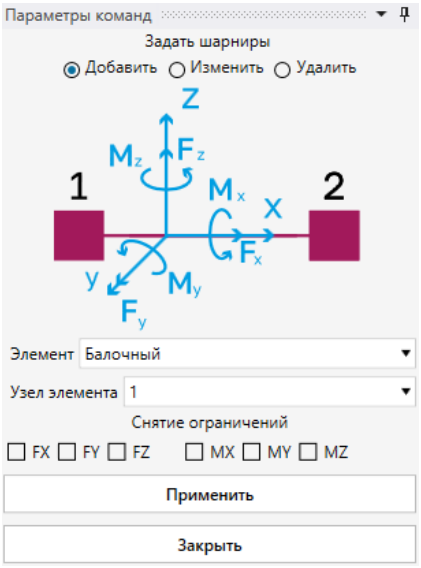


Рисунок 2.61 – Команда «Задать шарниры»

Шарниры используются для моделирования шарнирных соединений элементов. В параметрах указываются направления снятых связей (обнуление усилий по направлению локальных осей):

- продольные силы FX, FY, FZ;
- изгибающие моменты MX, MY, MZ.

Снятие необходимых связей (обнуление усилий) осуществляется с помощью соответствующих флажков. Выберите тип элементов для снятия связей, затем узлы элементов. Снятие связей доступно для балочных и плитных элементов. Выберите элементы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием

соответствующей кнопки (выбранные элементы будут автоматически отфильтрованы по типу).

При необходимости изменить существующие шарниры в элементах, установите флажок «Изменить». При необходимости удалить существующие шарниры, установите флажок «Удалить». Выберите элементы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.8.3 Линейные одноузловые связи

Для добавления / изменения линейной одноузловой связи в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия, нажав кнопку Одноузловые связи выбрать из выпадающего списка Линейные. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать одноузловые связи» (см. Рисунок 2.62).

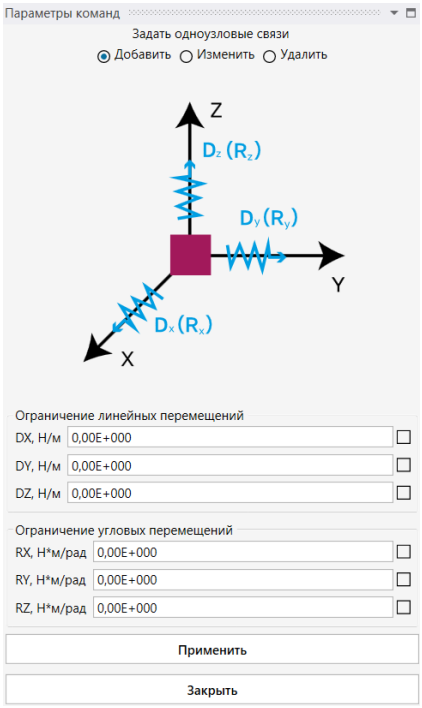


Рисунок 2.62 – Команда «Задать одноузловые связи»

Линейные одноузловые связи задают жесткость узлов по нескольким направлениям. Есть возможность указать величину жесткой связи или полностью запретить перемещение узла по выбранному направлению с помощью флажка рядом с полем ввода.

При отсутствии свободы перемещения вдоль одной из степеней свободы в параметрах степеней свободы указываются направления связей относительно глобальных осей:

- линейные перемещения DX, DY, DZ;
- угловые перемещения RX, RY, RZ.

Выберите узлы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки. При необходимости изменить существующие одноузловые связи, установите флажок «Изменить». При необходимости удалить

существующие одноузловые связи, установите флажок «Удалить». Выберите узлы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.8.4 Нелинейные одноузловые связи

Для добавления / изменения нелинейной одноузловой связи в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия, нажав кнопку Одноузловые связи выбрать из выпадающего списка Нелинейные. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать одноузловые связи» (см. Рисунок 2.63).

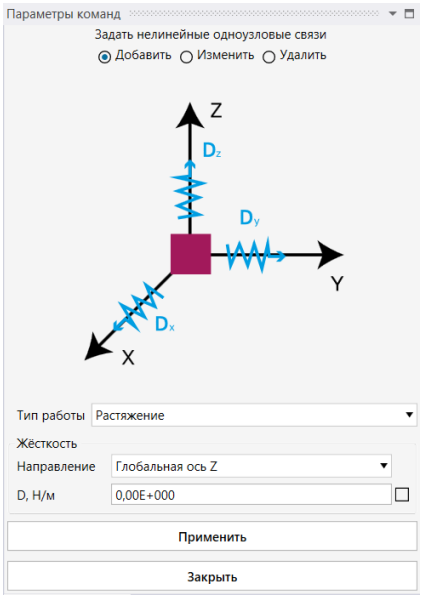


Рисунок 2.63 – Команда «Задать нелинейные одноузловые связи»

Нелинейные одноузловые связи необходимы для задания жесткости только на растяжение или только на сжатие по одному направлению. Этот тип связей доступен в модуле «Нелинейность» (см. Раздел 2.17).

Выберите тип работы связи: сжатие или растяжение. Укажите направление закрепления. Задайте ограничение жесткости численно или полностью, заблокировав перемещение по данному направлению с помощью установки соответствующего флажка. Выберите узлы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменить существующие нелинейные одноузловые связи, установите флажок «Изменить». При необходимости удалить одноузловые связи, установите флажок «Удалить». Выберите узлы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.8.5 Линейные двухузловые связи

Для добавления / изменения линейной двухузловой связи в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия, нажав кнопку Двухузловые связи выбрать из выпадающего списка Линейные. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать двухузловые связи» (см. Рисунок 2.64). Линейные двухузловые связи имеют ограничение жесткости связи по нескольким перемещениям вдоль локальных осей связи. Есть возможность указать величину жесткой связи или полностью запретить перемещение по выбранному направлению с помощью флажка рядом с полем ввода.

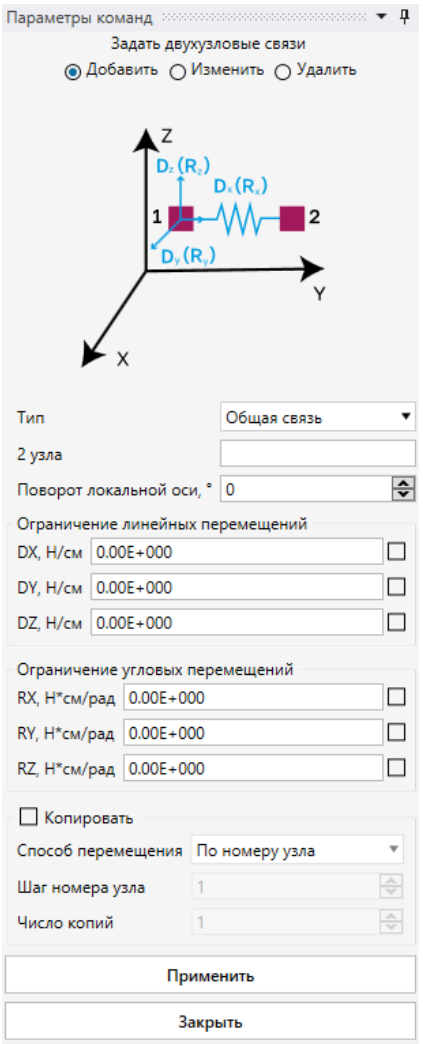


Рисунок 2.64 – Команда «Задать двухузловые связи»

В параметрах жесткостей указываются жесткости по направлениям локальных осей связи:

- линейные жесткости DX, DY, DZ;
- угловые жесткости RX, RY, RZ.

В ПАРИС поддерживается 2 типа связи – общая и жесткая. Для жесткого типа параметры жесткости не указываются, а все степени свободы будут ограничены. Жесткий тип связи моделирует абсолютно жесткое тело между двумя узлами.

Введите номера двух узлов через пробел в поле «2 узла» или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости копирования связи в существующие узлы установите флажок для параметра «Копировать». Укажите способ перемещения связей: по номеру узла или по расстоянию. Укажите количество копий.

Если выбран способ копирования по расстоянию, то введите смещение координат ΔX, ΔY, ΔZ относительно узлов создаваемой связи в глобальной системе координат в активных единицах измерения. Чтобы вычислить смещение между двумя узлами, введите их номера через пробел в поле «Вычислить по узлам» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации.

Если выбран способ копирования по номеру узла, то укажите величину приращения номера узлов, между которыми создается связь. Новые связи буду скопированы в узлы с вычисленными номерами. Введите число создаваемых копий связей. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменить существующие линейные двухузловые связи, установите флажок «Изменить». При необходимости удалить линейные двухузловые связи, установите флажок «Удалить». Выберите узлы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.8.6 Нелинейные двухузловые связи

Для добавления / изменения нелинейной двухузловой связи в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия, нажав кнопку Двухузловые связи выбрать из выпадающего списка Нелинейные. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать нелинейные двухузловые связи» (см. Рисунок 2.65). Нелинейные одноузловые связи необходимы для задания жесткости только на растяжение или только на сжатие по одному направлению. Этот тип связей доступен в модуле «Нелинейность» (см. Раздел 2.17**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

Для задания связи определите тип работы: сжатие или растяжение. Укажите направление закрепления. Задайте ограничение жесткости численно или

полностью, заблокировав перемещение по данному направлению с помощью установки соответствующего флажка.

Введите номера двух узлов через пробел в поле «2 узла» или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. При ручном вводе номеров узлов активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости копирования связи в существующие узлы установите флажок для параметра «Копировать». Укажите способ перемещения связей: по номеру узла или по расстоянию. Укажите количество копий.



Рисунок 2.65 – Команда «Задать нелинейные двухузловые связи»

Если выбран способ копирования по расстоянию, то введите смещение координат ΔX, ΔY, ΔZ относительно узлов создаваемой связи в глобальной системе координат в активных единицах измерения. Чтобы вычислить смещение между двумя узлами, введите их номера через пробел в поле «Вычислить по узлам» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации.

Если выбран способ копирования по номеру узла, то укажите величину приращения номера узлов, между которыми создается связь. Новые связи буду скопированы в узлы с вычисленными номерами. Введите число создаваемых копий связей. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменить существующие нелинейные двухузловые связи, установите флажок «Изменить». При необходимости удалить нелинейные двухузловые связи, установите флажок «Удалить». Выберите узлы в окне

визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.8.7 Жесткие связи

Для добавления / изменения жесткой связи в расчетную модель необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия и далее командой Жесткие связи. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать жесткие связи» (см. Рисунок 2.66). Данный тип связи моделирует абсолютно жесткое тело между одним главным и множеством подчиненных узлов.

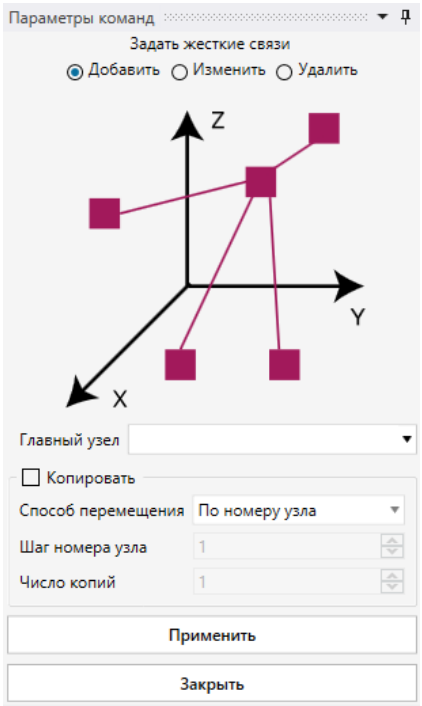


Рисунок 2.66 – Команда «Задать жесткие связи»

Выберите главный узел, к которому будут подходить жесткие связи. Выделите узлы в окне визуализации, которые будут связаны с главным узлом. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости копирования связи в существующие узлы установите флажок для параметра «Копировать». Укажите способ перемещения связей: по номеру узла или по расстоянию. Укажите количество копий.

Если выбран способ копирования по расстоянию, то введите смещение координат ΔX, ΔY, ΔZ относительно узлов создаваемой связи в глобальной системе координат в активных единицах измерения. Чтобы вычислить смещение между двумя узлами, введите их номера через пробел в поле «Вычислить по узлам» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации.

Если выбран способ перемещения по номеру узла, то укажите величину приращения номера узлов, между которыми создается связь. Новые связи буду скопированы в узлы с вычисленными номерами. Введите число создаваемых копий связей. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменить существующие жесткие связи, установите флажок «Изменить». При необходимости удалить жесткие связи, установите флажок «Удалить». Выберите узлы в окне визуализации. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.8.8 Группы связей

Для задания / редактирования группы связей необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия и далее командой Группы связей. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать группы граничный условий» (см. Рисунок 2.67).

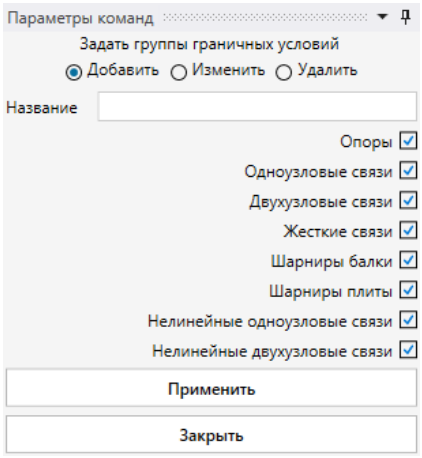


Рисунок 2.67 – Команда «Задать группы граничных условий»

В группу граничных условий могут входить: опоры, линейные одноузловые связи, линейные двухузловые связи, жесткие связи, шарниры балок, шарниры плит, нелинейные одноузловые связи, нелинейные двухузловые связи.

Введите название группы, укажите узлы и элементы в окне визуализации, связи которых буду добавлены в группу. Выберите флажками необходимые типы связей. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменить существующую группу связей, установите флажок «Изменить». При необходимости удалить группу связей, установите флажок «Удалить». Выберите группу из списка существующих. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.8.9 Группы связей Буссинеска

Для задания / редактирования группы связей Буссинеска необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия и далее командой Группы связей Буссинеска. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать группы связей Буссинеска» (см. Рисунок 2.68).

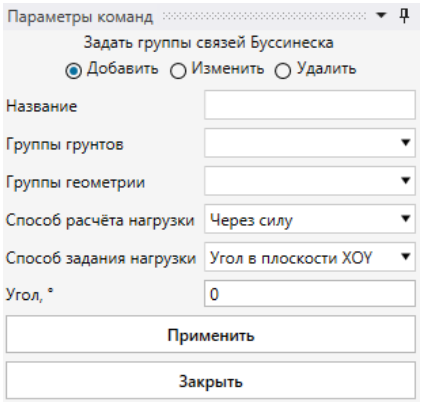


Рисунок 2.68 – Команда «Задать группы связей Буссинеска»

Выберите заранее созданную группу грунтов (см. Раздел 2.7.3) и группу геометрии, на которую будут передаваться усилия с выделенных элементов, на которые устанавливаются связи Буссинеска, при наличии на ней временной нагрузки.

Выберите способ расчета нагрузки: через силу или упругое проседание.

Выберите способ задания нагрузки, указав угол в градусах в плоскости XOY или вектор действия силы. Чтобы определить вектор, введите номера двух узлов через пробел в поле «Вектор направления» и нажмите Enter или кликните по этому полю и выберите два узла в окне визуализации. Выберите узлы и элементы, к которым прикладывается временная нагрузка. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменить существующую группу связей Буссинеска, установите флажок «Изменить». Выделите новые группируемые элементы и при необходимости изменить другие параметры. При необходимости удалить группу связей Буссинеска, установите флажок «Удалить». Выберите группу из списка существующих. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.9 Статические нагрузки

Для добавления статических нагрузок необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки (см. Рисунок 2.69).

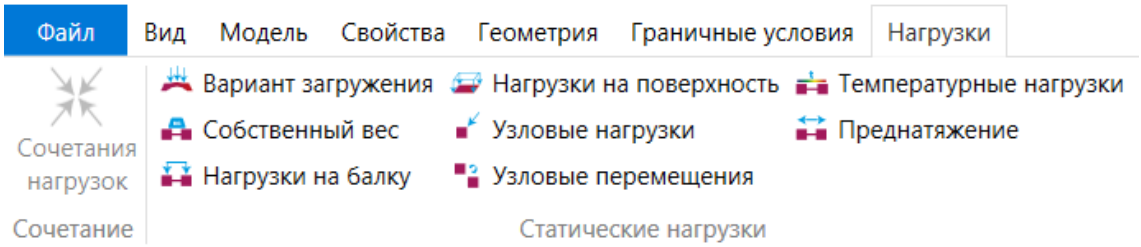


Рисунок 2.69 – Вкладка ленты Нагрузки → Статические нагрузки

2.9.1 Вариант статического загружения

Для добавления варианта статического загружения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Вариант загружения статической нагрузки. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать вариант загружения» (см. Рисунок 2.70)

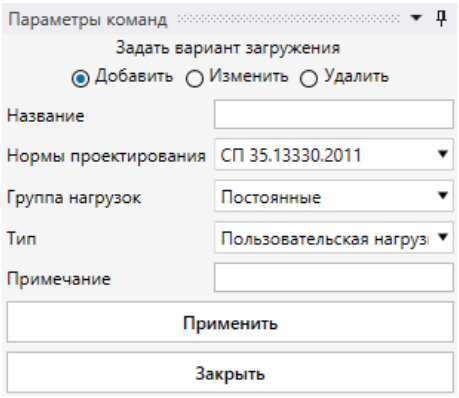


Рисунок 2.70 – Команда «Задать вариант загружения»

Для каждого варианта статического загружения необходимо ввести название. При необходимости введения дополнительной информации о загружении присутствует текстовое поле «Примечание». Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости удаления варианта статического загружения воспользуйтесь табличным редактором или с контекстным меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.18.4).

В ПАРИС поддерживается следующие группы нагрузок и соответствующие им типы:

Постоянные:

- пользовательская нагрузка;
- вес основных несущих конструкций;
- предварительное напряжение;
- давление грунта от веса насыпи;
- гидростатическое давление;
- усадка / ползучесть бетона;
- осадка;
- вес мостового полотна на балласте;
- вес выравнивающего, изоляционного и защитного слоев;
- вес покрытия ездового полотна;
- вес деревянных конструкций;

Временные:

- пользовательская нагрузка;
- вертикальная подвижная нагрузка;
- давление грунта от подвижной нагрузки;
- поперечная нагрузка от центробежной силы;
- поперечные удары колес подвижной нагрузки;
- продольная нагрузка от торможения.

Прочие:

- пользовательская нагрузка;
- ветровая нагрузка;
- ледовая нагрузка;
- нагрузка от навала судов;
- температурное воздействие;
- морозное пучение грунта;
- строительные нагрузки;
- сейсмические нагрузки;
- трение в опорных частях.

2.9.2 Собственный вес

Для добавления / изменения статической нагрузки от собственного веса к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Собственный вес.

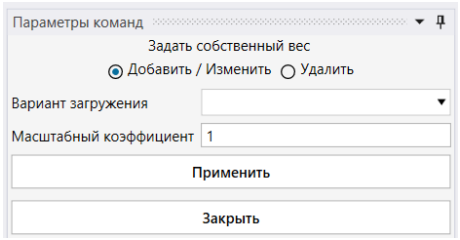


Рисунок 2.71 – Команда «Задать собственный вес»

Откроется окно Параметров команд с названием «Задать собственный вес» (см. Рисунок 2.71). ПАРИС использует объем и плотность элементов, включенных в расчетную модель, для автоматического вычисления их собственного веса. Вектор приложения нагрузки от собственного веса сонаправлен с вектором ускорения свободного падения, который задается в окне Настройки на вкладке «Системные величины» (см. Раздел 1.8.2). По умолчанию вектор ускорения свободного падения противоположно направлен глобальной оси Z.

Укажите масштабный коэффициент для вычисления нагрузки от собственного веса. Выберите вариант загружения, к которому будет добавлена нагрузка от собственного веса. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменить коэффициенты существующей нагрузки от собственного веса, установите флажок «Изменить». Выполните действия, аналогичные созданию данной нагрузки.

При необходимости удаления существующей нагрузки от собственного веса, установите флажок «Удалить». Выберите вариант загружения, в котором будут удалены нагрузки от собственного веса. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения удаления нагрузки.

2.9.3 Узловые нагрузки

Для добавления узловых нагрузок к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Узловые нагрузки. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать узловые нагрузки» (см. Рисунок 2.72).

Выберите вариант загружения, к которому будут добавлены узловые нагрузки. Выберите узлы в окне визуализации. Введите значения сосредоточенной нагрузки в соответствии направлением осей глобальной системы координат в активных единицах измерения:

- FX, FY, FZ – компонента сосредоточенной нагрузки;
- MX, MY, MZ – компонента сосредоточенного момента.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости удаления / редактирования статической узловой нагрузки воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню Обозревателя модели (см. раздел 2.18.4).

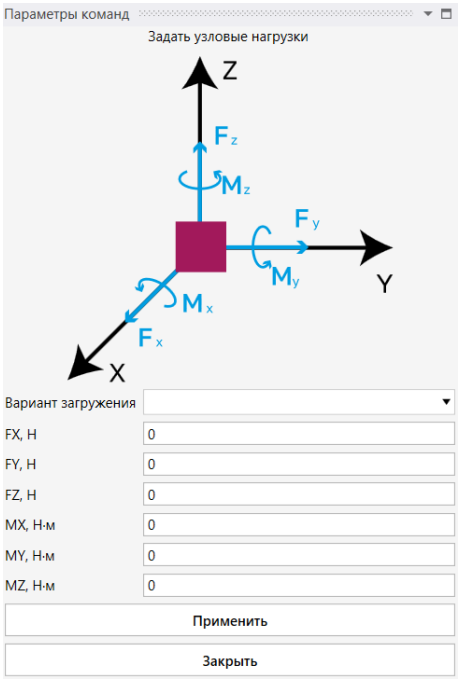


Рисунок 2.72 – Команда «Задать узловые нагрузки»

2.9.4 Узловые перемещения

Для добавления узловых перемещений к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Узловые перемещения. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать узловые перемещения» (см. Рисунок 2.73).

Выберите вариант загружения, к которому будут добавлены узловые перемещения. Выберите узлы, к которым будут добавлены узловые перемещения. Введите значения

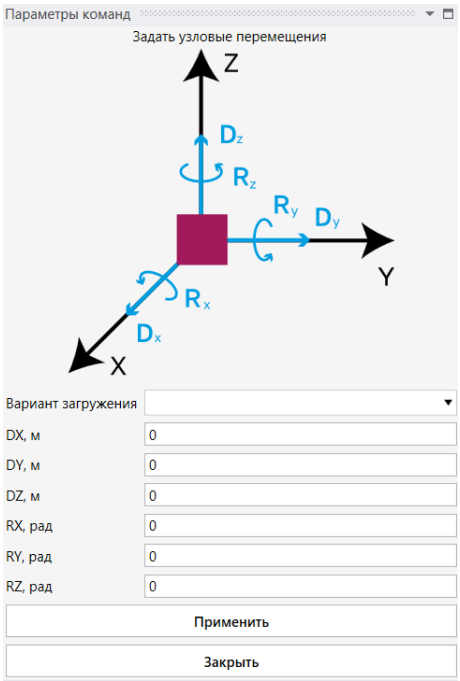


Рисунок 2.73 – Команда «Задать узловые перемещения»

узловых перемещений в соответствии направлением осей глобальной системы координат в активных единицах измерения:

- DX, DY, DZ – компонента линейного перемещения;
- RX, RY, RZ – компонента углового перемещения.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости удаления / редактирования узлового перемещения воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню Обозревателя модели (см. раздел 2.18.4).

2.9.5 Нагрузки на балку

Для добавления распределенной нагрузки на стержневой элемент расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Нагрузки на балку. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать нагрузки на балку» (см. Рисунок 2.74).

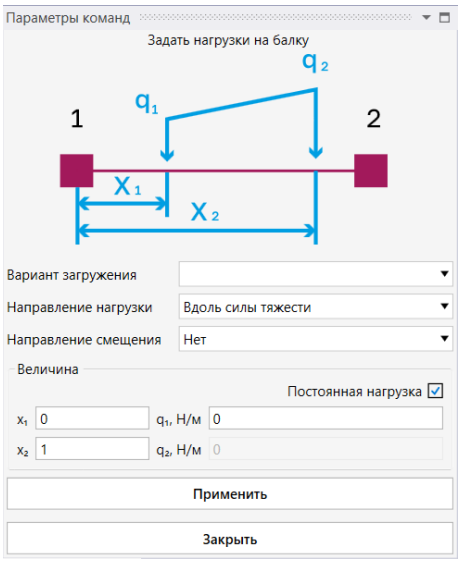


Рисунок 2.74 – Команда «Задать нагрузки на балку»

Выберите вариант загружения, к которому будут добавлены распределенные силы. Выберите балочные элементы, к которым будут добавлены распределенные силы.

Выберите направление действия нагрузки. ПАРИС поддерживает выбор следующих направлений распределенных нагрузок:

- вдоль силы тяжести – нагрузка прикладывается в направлении действия силы тяжести, указанном в Настройках (см. Раздел 1.8.2);
- локальное Y, Z – нагрузка прикладывается в направлении локальной оси y и z элемента соответственно;
- глобальное X, Y, Z – нагрузка прикладывается в направлении глобальной оси X, Y и Z соответственно.

Введите значение распределенной нагрузки в активных единицах измерения. Если нагрузка равномерно распределенная, установите флажок «Постоянная нагрузка». По умолчанию флажок всегда активен. Введите положение

начала/конца действия распределенной силы относительно начала/конца элемента. По умолчанию нагрузка действует от начала (положение 0) до конца (положение 1) элемента.

Выберите направление эксцентриситета действия распределенной нагрузки. При отсутствии смещения установите значение «Нет». ПАРИС поддерживает выбор следующих направлений смещения распределенных нагрузок:

- локальное Y, Z – смещение задается в направлении локальной оси y и z элемента соответственно.
- глобальное X, Y, Z – смещение задается в направлении глобальной оси X, Y и Z соответственно.

Если нагрузка смещена на равномерное расстояние, установите флажок «Постоянное смещение». По умолчанию флажок всегда активен. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости удаления / редактирования распределенной нагрузки воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню Обозревателя модели (см. раздел 2.18.4).

2.9.6 Нагрузки на поверхность

Для добавления распределенной нагрузки на плитный элемент расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Нагрузки на поверхность. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать нагрузку на поверхность» (см. Рисунок 2.75).

Выберите вариант загружения, к которому будут добавлены распределенные силы. Выберите

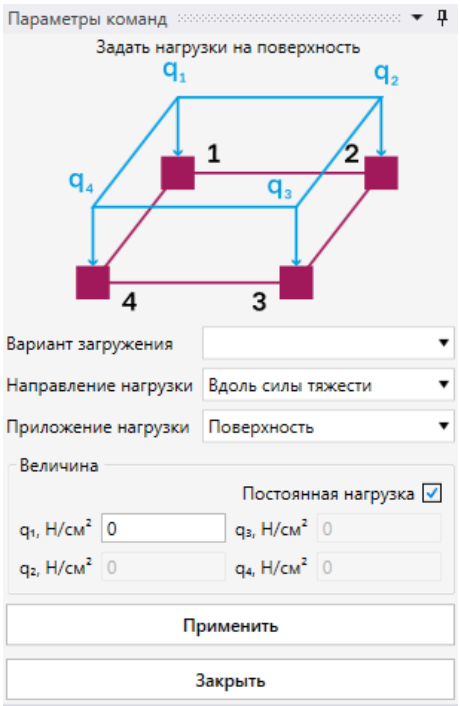


Рисунок 2.75 – Команда «Задать нагрузки на поверхность»

плитные элементы, к которым будут добавлены распределенные силы.

Выберите направление действия нагрузки. ПАРИС поддерживает выбор следующих направлений распределенных нагрузок:

- вдоль силы тяжести – нагрузка прикладывается в направлении действия силы тяжести, указанном в Настройках (см. Раздел 1.8.2);
- локальное Y, Z – нагрузка прикладывается в направлении локальной оси y и z элемента соответственно;
- глобальное X, Y, Z – нагрузка прикладывается в направлении глобальной оси X, Y и Z соответственно;

Введите значение распределенной нагрузки в активных единицах измерения. Если нагрузка равномерно распределенная, установите флажок «Постоянная нагрузка». По умолчанию флажок всегда активен. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости удаления / редактирования распределенной нагрузки на плитный элемент воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню Обозревателя модели (см. раздел 2.18.4).

2.9.7 Температурные нагрузки

Для добавления температурной нагрузки к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Температурные нагрузки. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать температурные нагрузки».

Выберите вариант загружения, к которому будут добавлены температурные нагрузки. Выберите



Рисунок 2.76 – Команда «Задать температурные нагрузки», одномерный элемент.

элементы, к которым будут добавлены температурные нагрузки.

Введите значение изменения температуры в активных единицах измерения. Температурная нагрузка может быть задана как:

- равномерное изменение температуры по всему элементу;
- линейный градиент температуры вдоль локальной оси y или z стержневого элемента (см. Рисунок 2.76);
- различные температуры для верхней и нижней поверхности плитного элемента (см. Рисунок 2.77).

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки (выбранные элементы буду автоматически отфильтрованы по типу).

При необходимости удаления / редактирования температурной нагрузки воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню Обозревателя модели (см. раздел 2.18.4).

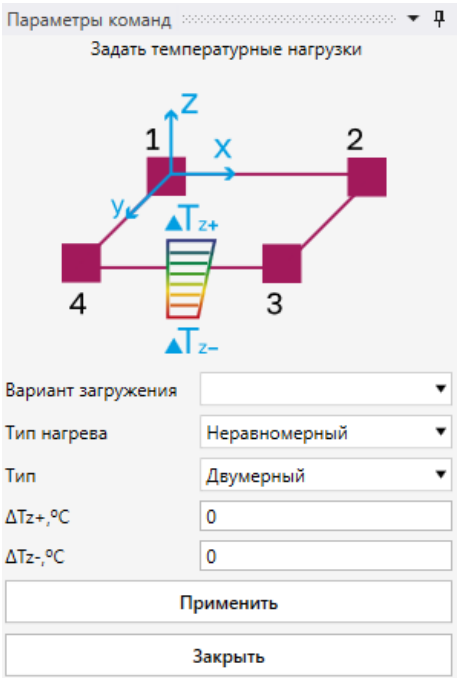


Рисунок 2.77 – Команда «Задать температурные нагрузки», двумерный элемент

2.9.8 Преднатяжение

Для добавления нагрузки от преднатяжения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Преднатяжение. Откроется окно Параметров команд с названием

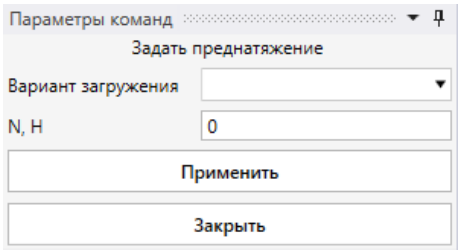


Рисунок 2.78 – Команда «Задать преднатяжение»

«Задать преднатяжение». (см. Рисунок 2.78).

Выберите вариант загружения, к которому будут добавлены нагрузки от преднатяжения. Выберите стержневые элементы, к которым будет приложено преднатяжение. Введите значение усилия преднатяжения в активных единицах измерения. Преднатяжение прикладывается вдоль оси элемента как продольная сила. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения создания нагрузки от преднатяжения.

При необходимости удаления / редактирования нагрузки от преднатяжения воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню Обозревателя модели (см. раздел 2.18.4).

2.10 Спецнагрузки

Для добавления специальных нагрузок (спецнагрузок) необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки (см. Рисунок 2.79). Данные нагрузки созданы для облегчения их задания пользователями. Функционал данного подраздела доступен при наличии модуля «Спецнагрузки».

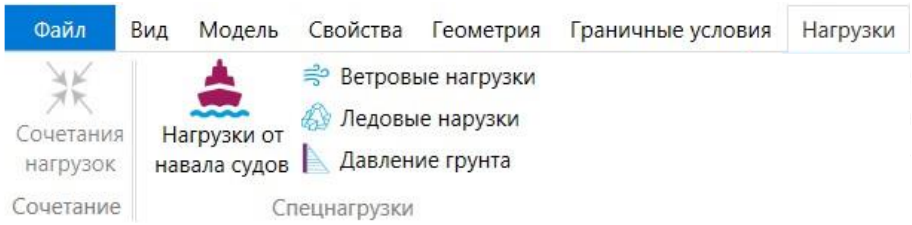


Рисунок 2.79 – Вкладка ленты Нагрузки → Специальные нагрузки

В ПАРИС поддерживается следующие специальные нагрузки:

- нагрузка от навала судов;
- ледовая нагрузка;
- ветровая нагрузка;
- давление грунта.

2.10.1 Нагрузка от навала судов

Для добавления статической нагрузки от навала судов к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой «Нагрузки от навала судов». Откроется окно Параметров команд с названием «Задать нагрузки от навала судов» (см. Рисунок 2.80).

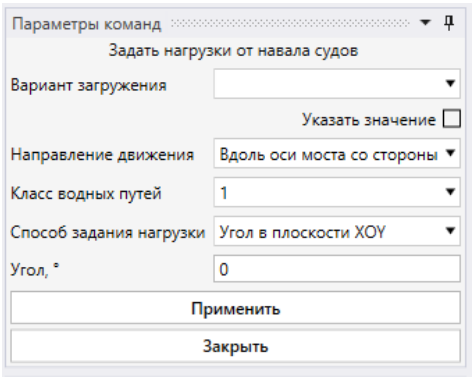


Рисунок 2.80 – Команда «Задать нагрузки от навала судов»

Выберите вариант загружения, к которому будут добавлены нагрузка от навала судов. ПАРИС прикладывает нагрузку от навала судов в виде узловых нагрузок. Выберите узел, к которому будет добавлена нагрузка. Выберите **класс внутренних водных путей** (от 1 до 7). Выберите направление движения судов:

- Вдоль оси моста со стороны судоходного пролета;
- Вдоль оси моста со стороны несудоходного пролета;
- Поперек оси моста по течению (с верховой стороны);
- Поперек оси моста против течения (с низовой стороны).

Выберите способ задания нагрузки, указав угол в градусах в плоскости XOY или вектор действия силы. Активируйте метод задания вектора путем нажатия левой кнопки мыши в поле «Вектор нагрузки». Для указания вектора соедините 2 узла. Вектор автоматически будет нормализован.

ПАРИС определяет интенсивность нормативной нагрузки от навала судов по таблице 6.11 СП 35.13330.2011. При необходимости ручного ввода значения нормативной нагрузки поставьте галочку в поле «Указать значение» и введите значение нагрузки в появившемся поле.

Возможность удаления доступна из контекстного меню при выборе соответствующей нагрузки в обозревателе модели.

п. 6.26 СП 35.13330.2011. Согласно нормативному документу, нагрузка от навала судов прикладывается к опоре на высоте 2 м от расчетного судоходного

уровня, за исключением случаев, когда опора имеет выступы, фиксирующие уровень действия этой нагрузки. Для опор, защищенных от навала судов, а также для деревянных опор автодорожных мостов на внутренних водных путях 6 и 7 классов нагрузку от навала судов допускается не учитывать. Для однорядных железобетонных свайных автодорожных мостов через внутренние водные пути 6 и 7 классов нагрузку вдоль оси моста допускается не учитывать.

Таблица 6.11 СП 35.13330.2011

Класс внутренних водных путей	Нагрузка от навала судов, кН			
	вдоль оси моста со стороны пролета		поперек оси моста со стороны	
	судоходного	несудоходного	верховой при наличии течения	низовой, при отсутствии течения - и верховой
I	1570	780	1960	1570
II	1130	640	1420	1130
III	1030	540	1275	1030
IV	880	490	1130	880
V	390	245	490	390
VI	245	147	295	245
VII	147	98	245	147

2.10.1 Ледовая нагрузка

Для добавления статической нагрузки от действия льда к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой «Ледовые нагрузки». Откроется окно Параметров команд с названием «Задать ледовые нагрузки» (см. Рисунок 2.81).

Выберите вариант загружения, к которому будут добавлены ледовые нагрузки. ПАРИС прикладывает нагрузку от действия льда в виде узловых нагрузок, интенсивность которой определяется по приложению П СП 35.13330.2011 и Методических указаний по определению ледовых нагрузок в

водохранилищах на опоры мостов, 1998 г. При необходимости ручного ввода значения нормативной нагрузки поставьте галочку в поле «Указать значение» и введите значение нагрузки в появившемся поле.

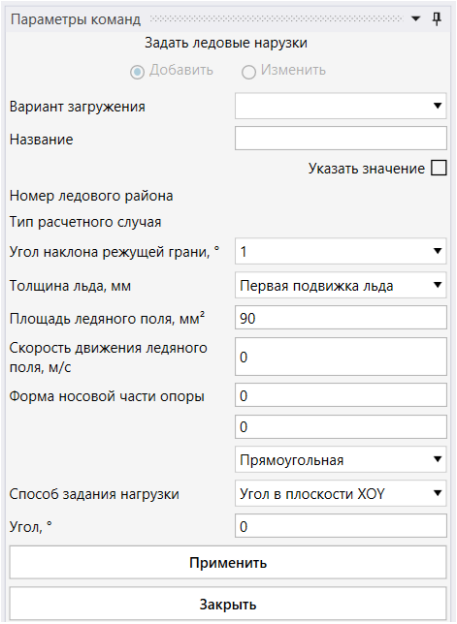


Рисунок 2.81 – Команда «Задать ледовые нагрузки»

Выберите **узел**, к которому будет добавлена нагрузка. Узел обязательно должен принадлежать хотя бы одному стержневому элементу, параметры которого будут использованы при расчете интенсивности нагрузки.

Задайте **номер ледового района** (от 1 до 4). Номер района определяют по географическому положению мостового сооружения в соответствии с таблицей П.1 СП 35.13330.2011.

Выберите тип расчетного случая:

- Первая подвижка льда;
- Наивысший уровень ледохода;

При необходимости задайте **угол наклона режущей грани** (угол между гранью опоры с верховой стороны и горизонталью воды). По умолчанию данный угол составляет 90 градусов, что соответствует вертикальной грани опоры.

Введите толщину льда, скорость движения ледяного поля, форму носовой части опоры из выпадающего списка

Задайте **площадь ледяного поля**, которая устанавливается по натурным наблюдениям в месте перехода или вблизи от него. Согласно п. П.3 СП 35.13330.2011 при отсутствии натурных данных площадь ледяного поля допускается принимать по формуле:

$$A = 1{,}75L^2 \text{ при } i < 0{,}007,$$

$$A = 1{,}02tR_{mn} \text{ при } i \geq 0{,}007,$$

где L – величина наибольшего пролета, опирающегося на опору; t – толщина льда, м; R_{mn} – предел прочности льда на изгиб в районе строительства, кПа (определяется по указаниям п. П.1 СП 35.13330.2011); i – уклон участков водной поверхности.

Пользователь вводит фактическое или самостоятельно рассчитанное значение площади ледяного поля.

Выберите способ задания нагрузки, указав угол в градусах в плоскости XOY или вектор действия силы. Активируйте метод задания вектора путем нажатия левой кнопки мыши в поле «Вектор нагрузки». Для указания вектора соедините 2 узла. Вектор автоматически будет нормализован.

Возможность удаления также доступна из контекстного меню при выборе соответствующей нагрузки в обозревателе модели.

п. П.2 СП 35.13330.2011. Согласно нормативному документу, по высоте точку приложения равнодействующей ледовой нагрузки необходимо принимать ниже уровня воды, при котором определяется нагрузка, на 0,3t где t - расчетная толщина льда, принимаемая равной 0,8 максимальной за зимний период толщины льда обеспеченностью 1%.

2.10.2 Ветровая нагрузка

Для добавления статической нагрузки от действия ветра к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой «Ветровые нагрузки». Откроется окно Параметров команд с названием «Задать ветровые нагрузки» (см. Рисунок 2.82).

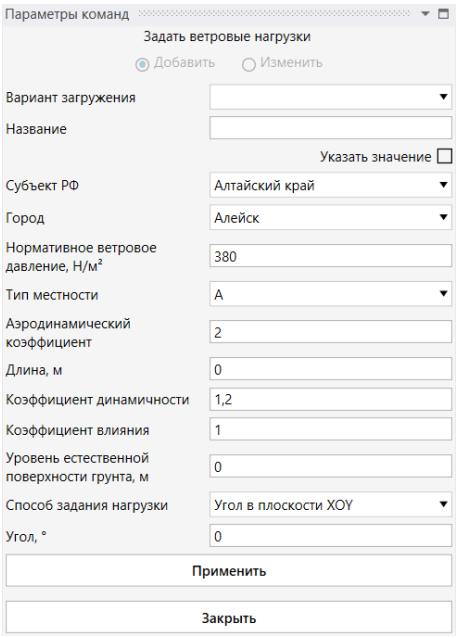


Рисунок 2.82 – Команда «Задать ветровые нагрузки»

Выберите **вариант загружения**, к которому будут добавлены ветровые нагрузки. ПАРИС прикладывает нагрузку от действия ветра в виде узловых нагрузок, интенсивность которой определяется по п. 6.24 СП 35.13330.2011 и указаниям СП 20.13330.2016. При

необходимости ручного ввода значения нормативной нагрузки поставьте галочку в поле «Указать значение» и введите значение нагрузки в появившемся поле.

Задайте **интенсивность нормативного ветрового давления** W_0, которое определяют по таблице 11.1 СП 20.13330.2016 в соответствии с ветровым районом. ПК ПАРИС автоматически определяет W_0 по введенной информации о субъекте РФ и городе, который располагается вблизи рассчитываемого мостового сооружения по карте 2 приложения Е СП 20.13330.2016. При необходимости значение ветрового давления можно откорректировать.

Таблица 11.1 СП 20.13330.2016

Ветровые районы	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
W_0, кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85

Выберите **тип местности**, на котором располагается рассчитываемое мостовое сооружение. Типы местности могут быть различными для разных расчетных направлений ветра. От типа местности зависит величина коэффициента изменения ветрового давления, принимаемого по таблице 11.2 СП 20.13330.2016 в зависимости от высоты середины элемента от **уровня естественной поверхности грунта**. Величина данного коэффициента определяется в ПК ПАРИС автоматически.

Таблица 11.2 СП 20.13330.2016

Высота от уровня естественной поверхности грунта, м	Коэффициент k для типов местности		
	A	B	C
до 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
90	2,0	1,6	1,25
100	2,25	1,9	1,55
150	2,45	2,1	1,8

200	2,65	2,3	2,0
250	2,75	2,5	2,2
300	2,0	1,6	1,25

Задайте **аэродинамический коэффициент** лобового сопротивления конструкций мостов C_w, приведенный в приложении Н СП 35.13330.2011. По умолчанию задано значение 2.

Приложение Н СП 35.13330.2011

Части или элементы пролетных строений и опор мостов	Значения аэродинамического коэффициента лобового сопротивления C_w
1 Главные фермы сквозных пролетных строений балочной и арочной систем:	
а) железнодорожных с ездой:	
понизу при наличии на них поезда	2,15
при отсутствии поезда	2,55
поверху при расстоянии между осями ферм от 2 до 4 м соответственно	2,15 – 2,45
б) автодорожных	2,80
2 Балочная клетка и мостовое полотно проезжей части пролетных строений:	
а) железнодорожных	1,85
б) автодорожных	1,60
3 Пролетные строения со сплошными балками:	
а) железнодорожные:	
- однопутные с ездой поверху	1,90
- два однопутных с ездой поверху, установленные на общих опорах двухпутного моста	2,10
- однопутные в виде замкнутой коробки	1,50
- однопутные с ездой понизу	2,25
- двухпутные с ездой понизу	2,45
б) автодорожные с ездой поверху:	
с плоскими главными балками	1,70
с одной коробчатой балкой	1,50
с двумя коробчатыми балками	1,75

Части или элементы пролетных строений и опор мостов	Значения аэродинамического коэффициента лобового сопротивления C_w
4 Прогоны деревянных мостов	1,95
6 Каменные, бетонные и железобетонные опоры мостов:	
а) поперек моста:	
при прямоугольном сечении	2,10
то же, но с обтекателями в носовой и кормовой частях	1,75
при круглом сечении	1,40
в виде двух круглых столбов	1,80
б) вдоль моста при прямоугольном сечении	2,10
7 Деревянные сквозные опоры мостов:	
а) башенного типа:	
поперек моста	3,20
вдоль моста	2,40
б) однорядные и сдвоенные:	
поперек моста	2,50
вдоль моста	1,50
8 Стальные опоры:	
а) однорядные:	
поперек моста	2,50
вдоль моста	1,80
б) башенные сквозные при числе плоскостей (поперек направления ветра) от 2 до 4	2,10 – 3,00

Примечание - Для опор, состоящих по высоте из нескольких ярусов, имеющих различные конструктивные формы, ветровую нагрузку необходимо определять для каждого яруса отдельно с учетом соответствующего аэродинамического коэффициента.

Задайте **длину** пролета (высоту опоры). ПК ПАРИС использует формулу 6.27 СП 35.13330.2011. Согласно п. 6.24 СП 35.13330.2011 произведение коэффициентов L (коэффициент пульсации давления ветра) и v (коэффициент

пространственной корреляции пульсации давления для расчетной поверхности сооружения) допускается принимать равным:

$$Lv = 0{,}55 - \frac{0{,}15\lambda}{100} \geq 0{,}30$$

где λ – длина пролета (высота опоры), м

Задайте **коэффициент динамичности** ξ. Данный коэффициент определяется по указаниям п. 11.1.8 СП 20.13330.2016 и п. 6.24 б) СП 35.13330.2011. По умолчанию принято значение 1,2.

При необходимости задайте **коэффициент влияния**, на который будет умножено полное нормативное значение ветровой нагрузки.

Введите отметку уровня естественной поверхности грунта в координатах созданной расчетной модели (координата по глобальной оси Z). При наличии водотока в качестве данной отметки принимается уровень воды.

Выберите способ задания нагрузки, указав угол в градусах в плоскости XOY или вектор действия силы. Активируйте метод задания вектора путем нажатия левой кнопки мыши в поле «Вектор нагрузки». Для указания вектора соедините 2 узла. Вектор автоматически будет нормализован.

Возможность удаления также доступна из контекстного меню при выборе соответствующей нагрузки в обозревателе модели.

2.10.3 Давление грунта

Для добавления статической нагрузки от давления грунта к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой «Давление грунта». Откроется окно Параметров команд с названием «Задать давление грунта» (см. Рисунок 2.83).

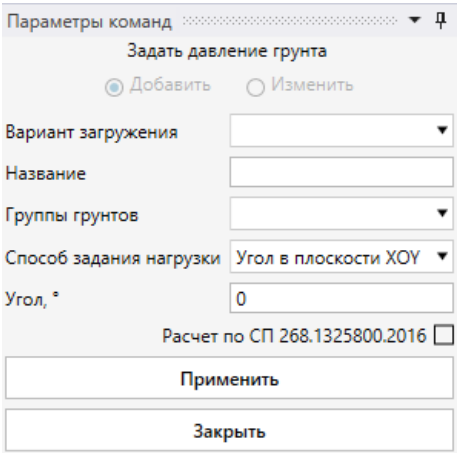


Рисунок 2.83 – Команда «Задать давление грунта»

Выберите **вариант загружения**, к которому будут добавлены ветровые нагрузки. ПАРИС прикладывает нагрузку от действия давления грунта в виде

узловых нагрузок, интенсивность которой определяется по п. 6.6 и приложение Е СП 35.13330.2011. Задайте ранее созданную группу грунтов (см. Раздел 2.7.3).

Выберите способ задания нагрузки, указав угол в градусах в плоскости XOY или вектор действия силы. Активируйте метод задания вектора путем нажатия левой кнопки мыши в поле «Вектор нагрузки». Для указания вектора соедините 2 узла. Вектор автоматически будет нормализован.

Если подвижную нагрузку необходимо привести к статической для ее дальнейшего использования при расчете сейсмической нагрузки по СП 268.1325800.2016, то необходимо активировать данное свойство.

Возможность удаления также доступна из контекстного меню при выборе соответствующей нагрузки в обозревателе модели.

2.11 Подвижные нагрузки

В ПАРИС предусмотрено задание автодорожных и железнодорожных подвижных нагрузок. Для создания загружения подвижной нагрузкой необходимо задать транспортное средство и поверхность движения (см. Рисунок 2.84). Функционал данного подраздела доступен при наличии модуля «Подвижные нагрузки».

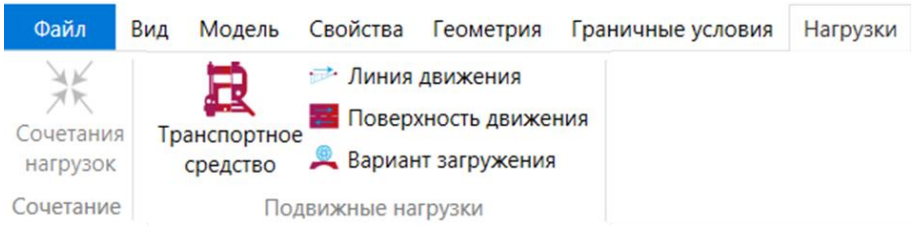


Рисунок 2.84 – Вкладка ленты Нагрузки → Подвижные нагрузки

2.11.1 Транспортное средство (ТС)

Для задания / редактирования транспортного средства необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее Транспортное средство. Откроется отдельная вкладка с названием «Транспортное средство» (см. Рисунок 2.85).

Выберите нагрузку из каталога или введите название нагрузки в произвольной форме. Выберите тип временной нагрузки. ПАРИС поддерживает

типа: Автодорожная нагрузка (выбирается по умолчанию), Железнодорожная нагрузка, Пешеходная нагрузка.

Каждому типу временной нагрузки соответствует набор типов транспортных средств (ТС). При выборе конкретного типа ТС под таблицей ввода данных появится визуальное отображение данного ТС – продольная схема в виде сосредоточенных осевых сил и расстояний между ними, а также вид на ТС сверху с отображением габарита

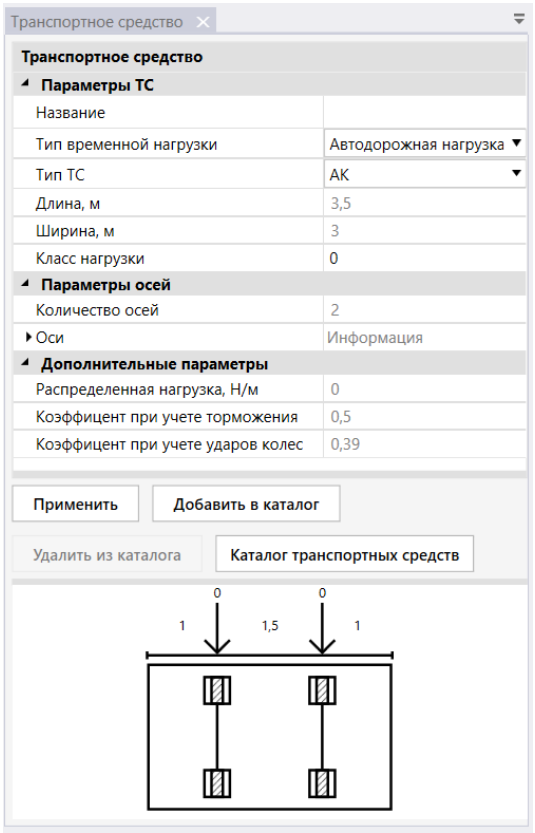


Рисунок 2.85 – Вкладка транспортное средство

ТС, фактической расстановки осей и отпечатков колес. Введите необходимую дополнительную информации о ТС. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения редактирования и добавления нагрузки в «Обозреватель модели».

Обратите внимание! В дополненных параметрах к большинству ТС присутствуют поля «Коэффициент при учете торможения» и «Коэффициент при учете ударов колес», подробнее о которых будет рассмотрено далее (см. Раздел 2.11.5)

2.11.2 Автодорожная нагрузка

Данный тип временной нагрузки поддерживает следующие типы ТС:

- АК
- НК
- АБ
- Общего типа
- Гусеничная

При выборе типа ТС «АК» для редактирования станет доступно поле «Класс нагрузки», которое поддерживает формат положительного числа с плавающей точкой (целые и дробные числа). Остальные поля уже заполнены в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и доступны только для чтения.

При выборе типа ТС «НК» для редактирования станет доступно поле «Класс нагрузки», которое поддерживает формат положительного числа с плавающей точкой (целые и дробные числа). Остальные поля уже заполнены в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и доступны только для чтения. Значения в полях «Коэффициент при учете торможения» и «Коэффициент при учете ударов колес» в соответствии с действующими нормами должны равняться нулю, однако пользователь при необходимости может поставить значение, отличное от 0.

При выборе типа ТС «АБ», «Общего типа» или «Гусеничная» для редактирования станут доступны все поля:

- Длина – габаритный размер ТС вдоль оси поверхности движения. Данный параметр используется при анализе положения ТС в колонне.
- Ширина – габаритный размер ТС вдоль оси поверхности движения. При загружении поверхности движения несколькими полосами ТС, минимальное расстояние между соседними ТС поперек оси движения автоматически равно ширине ТС
- Минимальное расстояние в свету – минимальное расстояние между соседними ТС в одной колонне.

Для описания осевых нагрузок необходимо ввести количество осей, после чего станет доступен ввод данных по каждой оси в отдельности (нагрузка на ось, расстояние от передней грани ТС до первой оси или расстояние от предыдущей до редактируемой оси, размеры отпечатка колес вдоль и поперек оси ТС, количество колей). Для каждой колеи необходимо ввести расстояние между колесами поперек оси ТС. Необходимость заполнения дополнительных параметров см. Раздел 2.11.5.

2.11.3 Железнодорожная нагрузка

При выборе типа ТС «СК» или «СК выносливость» для редактирования станет доступно поле «Класс нагрузки», которое поддерживает формат положительного числа с плавающей точкой (целые и дробные числа). Остальные поля уже заполнены в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и доступны только для чтения.

Остальные типы ТС (Локомотив, Вагон и т.д.) вводятся аналогично автодорожной нагрузки общего типа за исключением ряда параметров, которые не будут отображаться при вводе данных.

2.11.4 Пешеходная нагрузка

Для пешеходной нагрузки кроме названия для редактирования доступно только поле «Распределенная нагрузка», которое поддерживает формат положительного числа с плавающей точкой (целые и дробные числа).

2.11.5 Дополнительные параметры ТС

В качестве дополнительных параметров ТС присутствуют поля «Коэффициент при учете торможения» и «Коэффициент при учете ударов колес», которые поддерживают формат положительного числа с плавающей точкой (целые и дробные числа).

ПАРИС поддерживает построение поверхностей влияния при разных направлениях действия единичной силы. В текущей версии программы эти направления должны совпадать с направлениями глобальных осей. Так, если построить поверхность влияния по направлению продольной оси моста (например OX) и при задании «Варианта загружения» в качестве направления нагрузки выбрать «Вдоль», то такой вариант будет имитировать действие тормозной нагрузки. Тогда, при загружении поверхности влияния транспортными средствами итоговый результат будет умножен на данный коэффициент. Необходимо отметить, что некоторые ТС имеют свои особенности. Так, при рассмотрении нагрузки АК, данный коэффициент будет применен только к распределенной части нагрузки, а вес тележки в расчете учитываться не будет в соответствии с действующими нормами.

2.11.6 Каталог транспортных средств

ПАРИС имеет встроенный каталог наиболее часто употребляемых инженерами транспортных средств. Любой пользователь может расширить этот каталог собственными ТС, заданными в основном окне. Для этого после заполнения всех параметров о ТС необходимо активировать команду «Добавить в каталог» нажатием соответствующей кнопки. Обновленный каталог будет храниться в папке с установленной программой ПАРИС и будет доступен и после завершения работы с текущей моделью.

2.11.7 Линия движения

Для задания линии движения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее Линия движения. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать линию движения» (см. Рисунок 2.86).

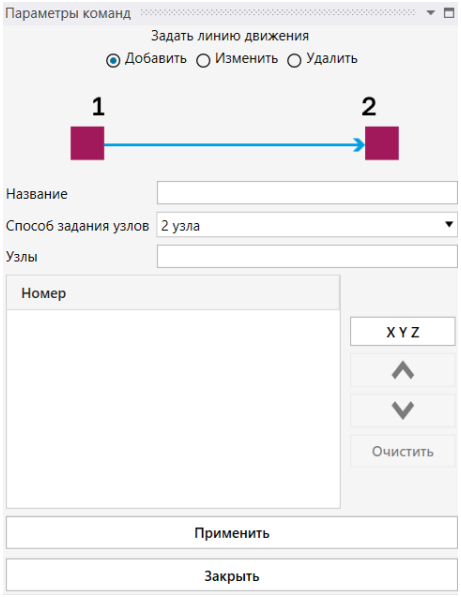


Рисунок 2.86 – Команда «Задать линию движения»

Введите название линии в произвольной форме. Ось проезда задается путем задания линии от одного узла модели к другому в окне визуализации. Можно выбрать способ задания узлов: «2 узла» или «Полилиния». При задании узлов полилинией команда выделения узлов не прервется после указания двух узлов. Задание узлов возможно непосредственным вводом номера узла в таблицу. Перемещение строк таблицы вверх и вниз возможно через соответствующие кнопки справа от таблицы узлов.

В окне визуализации отображаются контуры будущей линии движения на основании добавленных в таблицу узлов.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.11.8Поверхность движения

Для задания поверхности движения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее Поверхность движения. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать поверхность движения» (см. Рисунок 2.87).

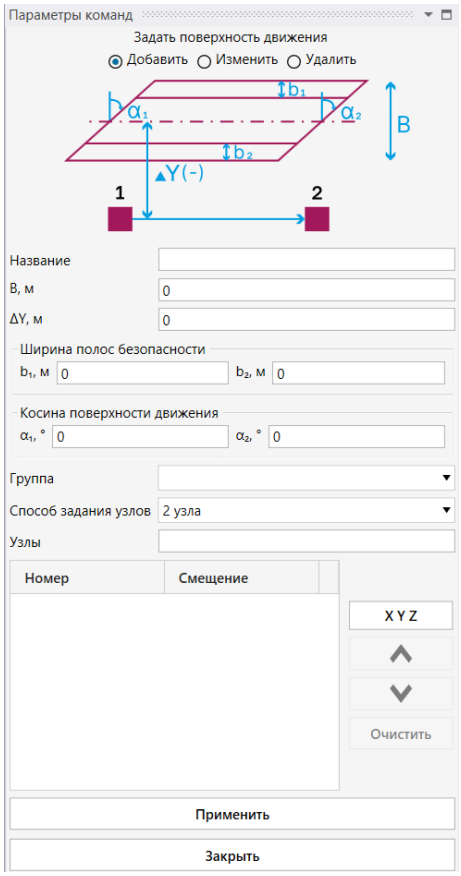


Рисунок 2.87 – Команда «Задать поверхность движения»

Введите название поверхности в произвольной форме. Введите параметры габарита проезда (ширина габарита B, ширины левой и правой полос безопасности b_1 и b_2). Для однозначной идентификации узлов, входящих в поверхность движения, необходимо задать группу элементов, лежащих в плоскости создаваемой поверхности движения. Важно, чтобы все узлы в данной группе лежали на одной плоскости. При необходимости задайте смещения осевой линии ΔY. Для косых мостов доступно задание косины поверхности движения в начале α_1 и в конце α_2 в градусах.

Ось проезда задается путем задания линии от одного узла модели к другому. Можно выбрать способ задания узлов: «2 узла» или «Полилиния». При задании узлов полилинией команда выделения узлов не прервется после указания двух узлов. Задание узлов возможно непосредственным вводом номера узла в таблицу. Перемещение строк таблицы вверх и вниз возможно через соответствующие кнопки справа от таблицы узлов.

В окне визуализации отображаются контуры будущей поверхности движения на основании введенных данных.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.11.9 Вариант загружения подвижной нагрузкой

Для задания загружения подвижной нагрузкой необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее Вариант загружения подвижной нагрузки. Откроется новая вкладка Вариант подвижных нагрузок (см. Рисунок 2.88).

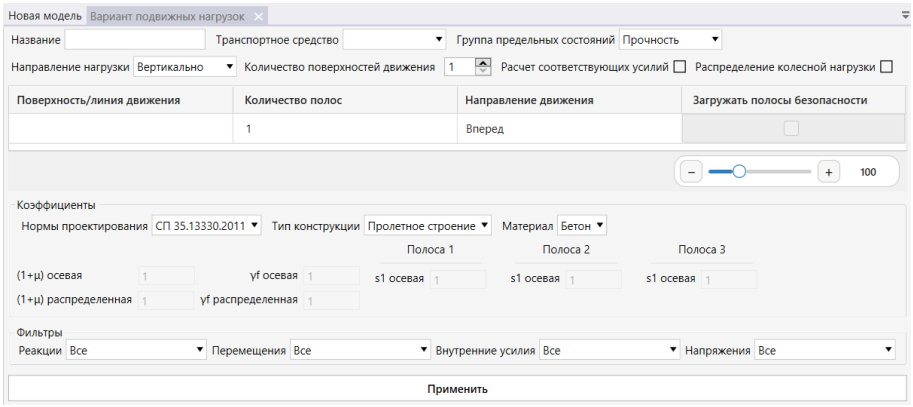


Рисунок 2.88 – Вкладка Вариант подвижных нагрузок

Введите название загружения в произвольной текстовой форме. Выберите предельное состояние, по правилам которого будет проводиться загружение. Выберите транспортное средство из заранее созданных, а также введите число поверхностей или линий движения, которые будут загружаться данным ТС, и направление нагрузки.

Выберите заданные ранее поверхность или линию движения, а также направление движения и число полос. Признак «Загружать полосы безопасности» устанавливается, если расположение нагрузки возможно на всей ширине поверхности движения. В ином случае ширина габарита возможного размещения транспортного средства будет уменьшена на величину полос безопасности, заданных при формировании поверхности движения (см. Раздел 2.11.8). При загружении линии движения она будет загружена указанным количеством полос.

При выборе в качестве транспортного средства Пешеходной нагрузки заданной интенсивностью будет загружена линия движения шириной 1,0 м. Так, например, при загружении прохода шириной 1,5 м пешеходной нагрузкой интенсивностью 3,0 кН/м^2 через аппарат линии влияния необходимо задать в транспортном средстве нагрузку интенсивностью 3,0х1,5=4,5 кН/м^2.

Параметр «Направление движения» используется при анализе загружения несимметричных нагрузок (например, $ЭН_3$). Если движение осуществляется только во встречных направлениях, то расчет такого транспортного средства будет выполняться два раза с учетом зеркального (обратного) положения транспортного средства. Из двух вариантов будет выбран наихудший.

Выбранная группа предельных состояний используется при учете коэффициентов надежности и динамики, которые рассчитываются автоматически в зависимости от выбранных норм. При выборе норм проектирования выберите тип рассчитываемой конструкции и материал для однозначного определения коэффициента надежности и динамического коэффициента.

Параметр «Направление нагрузки» используется для построения поверхностей влияния и учета направления воздействия от транспортного средства (см. Раздел 2.11.5). Для выбора доступны:

- вертикально – поверхность влияния будет построена от единичных сил, направленных вдоль глобальной оси Z в противоположном направлении;
- вдоль – поверхность влияния будет построена от единичных сил, направленных параллельно осевой линии, заданной при создании поверхности движения, выбранной для данного загружения;
- поперек – поверхность влияния будет построена от единичных сил, направленных перпендикулярно осевой линии, заданной при создании поверхности движения, выбранной для данного загружения. Перпендикуляр строится в плоскости поверхности движения.

При необходимости ускорения процесса расчета задайте группы узлов и элементов, для которых будут выполнены расчеты реакций, перемещений, внутренних усилий и напряжений. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.12 Сейсмические нагрузки

2.12.1 Задание параметров спектра отклика

В ПАРИС предусмотрен расчет перемещений узлов конструкции и вычисление внутренних усилий в ее элементах от действия сейсмической нагрузки

по методу спектра отклика, предусмотренному СП 268.1325800.2016 «Транспортные сооружения в сейсмических районах». Функционал данного подраздела доступен при наличии модуля «Динамика».

Для добавления параметров расчета спектра отклика необходимо воспользоваться вкладкой ленты Модель и далее командой «Динамика». Задание параметров расчета осуществляется в подвкладке «Параметры спектра отклика» (см. Рисунок 2.89).

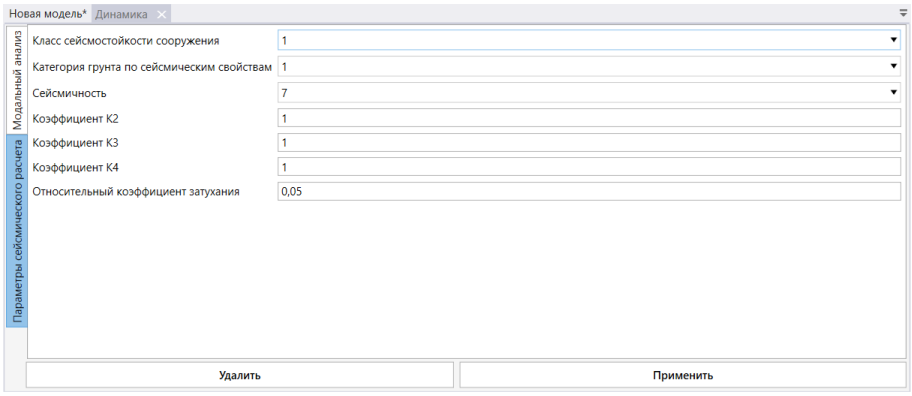


Рисунок 2.89– Вкладка «Динамика», подвкладка «Параметры спектра отклика»

Задайте **Класс сейсмостойкости сооружения** (от 1 до 3). Класс определяют по характеристикам объекта в соответствии с таблицей 4.1 СП 268.1325800.2016.

Таблица 4.1 СП 268.1325800.2016

Класс сейсмостойкости объектов	Номенклатура объектов
I - допустимый сейсмический риск от 1 до 2,5%	Наиболее крупные и капиталоемкие объекты на железных и автомобильных дорогах категорий II и выше, на скоростных городских дорогах, линиях метрополитена и скоростного монорельсового транспорта: балочные, арочные и рамные мосты с пролетами более 150 м; виадуки с опорами над поверхностью грунта высотой более 50 м; мосты, эстакады, подводные тоннели, тоннели и станции метрополитена, горные тоннели и лавинозащитные галереи длиной более 500 м, многоярусные транспортные развязки с организацией движения в трех и более уровнях. Висячие и вантовые мосты через большие реки, морские проливы и заливы с главными пролетами более 300 м на дорогах всех категорий
II - допустимый сейсмический риск 5%	Мосты через водотоки, виадуки, эстакады, путепроводы, транспортные развязки, тоннели, галереи (кроме сооружений, отнесенных к объектам класса сейсмостойкости I), подпорные стены, водопропускные трубы, пешеходные мосты и тоннели,

Класс сейсмостойкости объектов	Номенклатура объектов
	пассажирские платформы, насыпи и выемки, возводимые на железных и автомобильных дорогах категорий II и выше, а также на скоростных городских дорогах, магистральных улицах (проспектах) общегородского значения, линиях метрополитена, трамвая и скоростного монорельсового транспорта. Опоры контактной сети на железных дорогах категории II и выше
III - допустимый сейсмический риск 10%	Мосты через водотоки, виадуки, эстакады, путепроводы, транспортные развязки, тоннели и галереи, подпорные стены, водопропускные трубы, пассажирские платформы, пешеходные мосты и тоннели, насыпи и выемки, сооружаемые на железных и автомобильных дорогах категорий III и IV, а также на магистральных городских дорогах (улицах) районного значения. Опоры контактной сети на железных дорогах категорий III и IV

Задайте **Категорию грунта по сейсмическим свойствам** (от 1 до 3). Категория необходима для определения функции коэффициента динамичности в зависимости от периода колебаний конструкции в соответствии с таблицей 8.1 СП 268.1325800.2016. Коэффициент динамичности определяется автоматически программой по заданным параметрам спектра отклика.

Таблица 8.1 СП 268.1325800.2016

Категория грунта расчетной толщи по сейсмическим свойствам	Сейсмическая жесткость расчетной толщи грунта	Коэффициенты динамичности β_i
I	Более 2570	$\beta_i = 1+15T_i$ при $T_i \le 0,1$ с $\beta_i = 2,5$ при $0,1$ с $< T_i \le 0,3$ с $\beta_i = 0,75/ T_i$ при $0,3$ с $< T_i \le 1,8$ с
II	От 655 до 2570	$\beta_i = 1+15T_i$ при $T_i \le 0,1$ с $\beta_i = 2,5$ при $0,1$ с $< T_i \le 0,5$ с $\beta_i = 1,25/ T_i$ при $0,5$ с $< T_i \le 1,8$ с
III	Менее 655	$\beta_i = 1+15T_i$ при $T_i \le 0,1$ с $\beta_i = 2,5$ при $0,1$ с $< T_i \le 0,7$ с $\beta_i = 1,75/ T_i$ при $0,7$ с $< T_i \le 1,8$ с

Задайте **Сейсмичность** (от 7 до 9). Расчетное сейсмическое воздействие (расчетная сейсмичность) для объектов транспортного строительства определяется в зависимости от установленного в таблице 4.1 СП 268.1325800.2016 допустимого сейсмического риска при проектировании сооружения, сейсмической обстановки в районе (пункте) строительства, а также инженерно-геологических и геоморфологических условий на участке расположения сооружения или здания.

Задайте значения коэффициентов **K_2, K_3, K_4**, которые используются для определения расчетной сейсмической нагрузки от масс моста:

- **K_2** - коэффициент, позволяющий уточнять исходную сейсмичность по данным о сейсмическом режиме местности (п. 8.3.32 СП 268.1325800.2016);

- **K_3** - коэффициент инженерно-геологической обстановки на участке строительства (п. 8.3.32 СП 268.1325800.2016);

- **K_4** - коэффициент рельефа местности, определяемый расчетом по данным изысканий.

Задайте значение **относительного коэффициента затухания** по основной форме колебаний сооружения в долях критического затухания, определяемый на основании данных динамических испытаний близких по конструкции сооружений. При отсутствии данных об относительном коэффициенте затухания его допускается принимать равным 0,05 (п. 8.3.33 СП 268.1325800.2016).

Для сейсмических расчетов необходимо оценивать сумму коэффициентов участия масс, которую регламентирует п. 5.9 СП 14.13330.2018 в зависимости от направления действия сейсмического воздействия.

2.12.2Задание загружения сейсмической нагрузкой

Для добавления варианта загружения сейсмической нагрузкой к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Загружение спектра отклика. Откроется окно

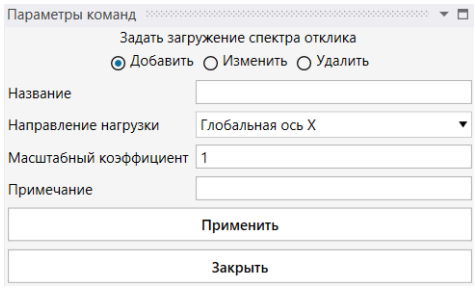


Рисунок 2.90– Команда «Задать загружение спектра отклика»

Параметров команд с названием «Задать загружение спектра отклика» (см. Рисунок 2.90).

Выберите направление действия нагрузки, по которому буду действовать расчетные сейсмические силы. Введите значение масштабного коэффициента, который учитывает долю нагрузки, приходящуюся для заданного направления.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

2.13 Сочетания нагрузок

Сочетания нагрузок можно ввести одним из нижеперечисленных способов:

- прямой ввод сочетаний нагрузок пользователем;
- автоматическое создание сочетаний нагрузок на основе выбранных норм.

При прямом способе необходимо ввести название сочетания и активировать команду Добавить нажатием соответствующей клавиши. В таблице ниже появится строка с созданным сочетанием. К каждому сочетанию нагрузок привязаны четыре параметра (группа предельных состояний, тип сочетания, активировать, примечания).

- Группа предельных состояний. Данный параметр необходим при использовании модуля «Проверки» для однозначного сопоставления типа расчетных проверок и сочетаний нагрузок.
- Тип сочетания. Данный параметр определяет способ нахождения результирующего воздействия от заданного сочетания нагрузок.

При типе «Сложение» результаты расчета от действия всех нагрузок, находящихся в сочетании, будут сложены с учетом коэффициентов:

$$\text{Сочетание}_{\text{сложение}} = \text{Сочетание}_1 + \text{Сочетание}_2 + \cdots + \text{Сочетание}_i$$

При типе «Огибание» результаты расчет будут определены как максимальные или минимальные значения от отдельных результатов расчета каждого загружения, находящегося в сочетании.

$$\text{Сочетание}_{\text{огибание макс}} = \text{Макс}(\text{Сочетание}_1; \text{Сочетание}_2; \dots; \text{Сочетание}_i)$$

$$\text{Сочетание}_{\text{огибание мин}} = \text{Мин}(\text{Сочетание}_1; \text{Сочетание}_2; \dots; \text{Сочетание}_i)$$

- Активировать. Данное свойство позволяет отображать текущее сочетание нагрузок в табличных видах и непосредственно на расчетной модели.

- Примечание. Свободное текстовое поле, необходимое для ориентации пользователя в созданных им сочетаниях.

При нажатии на любое сочетание справа появится таблица с вариантами загружения. Тип загружения соответствует созданному варианту и присваивается автоматически. К каждому загружению можно применить два коэффициента, первый из которых может служить коэффициентом надежности, а второй – коэффициентом сочетания.

При выборе команды «Автосочетания» появится окно настройки автосочетаний (см. Рисунок 2.91). Для создания сочетаний в автоматическом режиме необходимо выбрать нормы проектирования, тип моста, группу предельных состояний (доступна возможность выбора сразу нескольких групп) и можно отредактировать предлагаемые коэффициенты надежности. В созданных сочетаниях эти коэффициенты будут стоять в столбце k1. При активации команды «Создать» все имеющиеся сочетания будут удалены, а таблица сочетаний заполнится новыми сочетаниями. При активации команды «Добавить» к имеющимся сочетаниям будут добавлены новые.

Сочетания, созданные в автоматическом режиме, будут отображаться в левой таблице. В примечаниях указаны номера нагрузок, вошедшие в сочетание. Данные номера соответствуют типам нагрузок, которые описаны в приложении Д СП 35.13330.2011. Некоторые типы загружений, такие как торможение, поперечные удары колес и ветровая нагрузка не имеют однозначного направления, поэтому если они заданы пользователем, то в сочетаниях они присутствуют с положительным коэффициентом сочетания и с отрицательным. При отрицательном коэффициенте сочетаний в примечаниях будет добавлена надпись «Встречное направление».

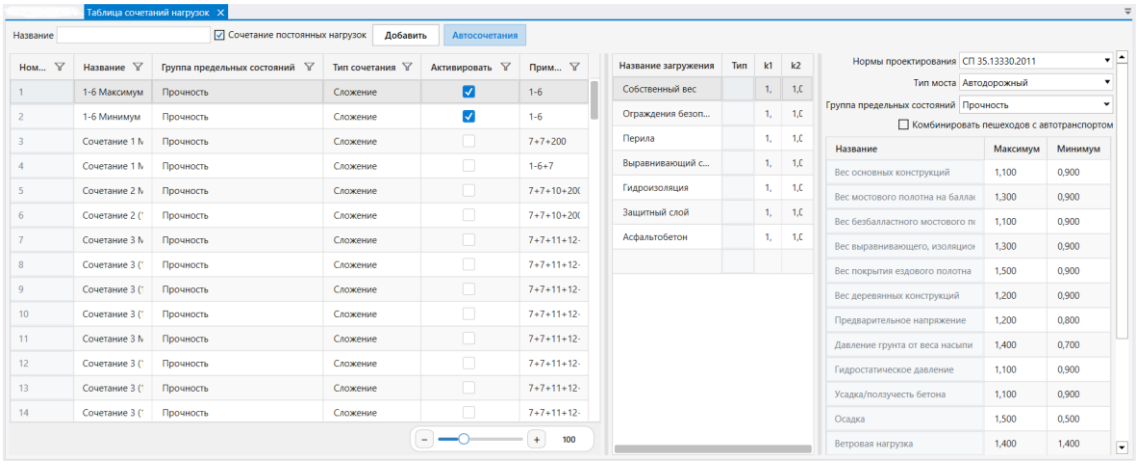


Рисунок 2.91 – Вкладка создания сочетаний нагрузок

2.14 Собственные колебания

В ПАРИС предусмотрен расчет собственных колебаний по методу Ланцоша. Расчет собственных колебаний позволяет определить динамические свойства конструкции путем решения характеристических уравнений, составленных на основе матрицы масс и матрицы жесткости. Динамические свойства описываются формами собственных колебаний, собственными периодами (или частотами) и коэффициентами влияния форм. Функционал данного подраздела доступен при наличии модуля «Динамика».

2.14.1 Узловые массы

Для добавления узловой массы к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Узловые массы. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать узловые массы» (см. Рисунок 2.92). Выберите узлы в окне визуализации. Введите значения сосредоточенной массы в соответствующем направлении в глобальной системе координат в активных единицах измерения.

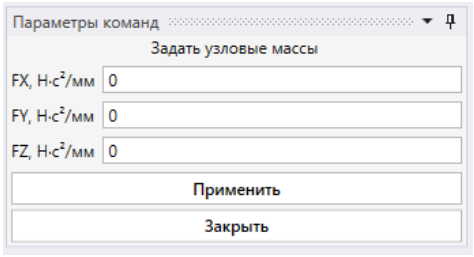


Рисунок 2.92– Команда «Задать узловые массы»

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки. При необходимости удаления / редактирования узловых масс воспользуйтесь табличным редактором или контекстным меню Обозревателя модели (см. раздел 2.18.4).

2.14.2Задание расчета

Для добавления параметров расчета собственных колебаний необходимо воспользоваться вкладкой ленты Модель и далее командой «Динамика». Откроется новая вкладка Динамика (см. Рисунок 2.93). Задание параметров расчета собственных частот осуществляется в подвкладке «Модальный анализ».

Для расчета динамических свойств конструкций необходимо определить матрицу масс расчетной модели. В ПАРИС предусмотрен механизм преобразования статических вариантов загружений в массы.

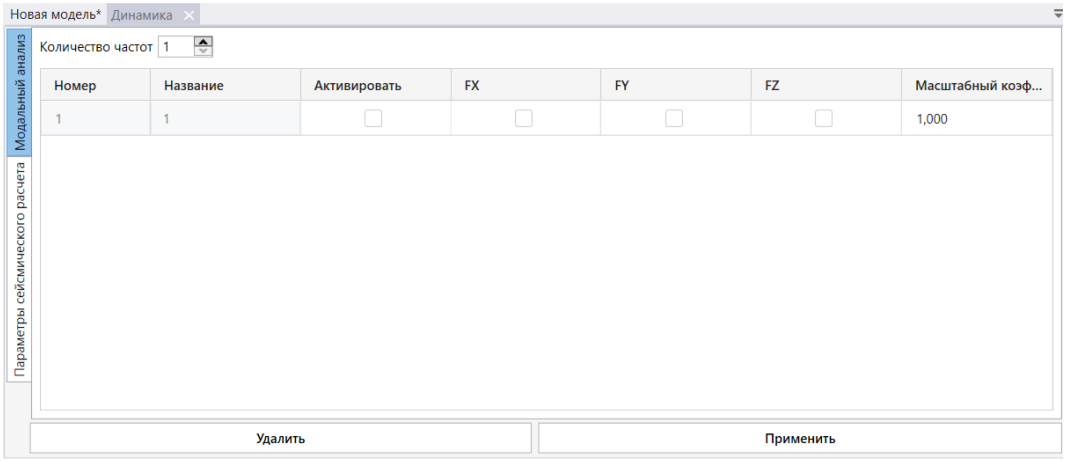


Рисунок 2.93– Вкладка «Динамика», подвкладка «Модальный анализ»

При необходимости привести вариант статического загружения к массам активируйте вариант нагрузки и направление действия масс. В ПАРИС предусмотрено 3 варианта направления – вдоль глобальной оси X, вдоль глобальной оси Y, вдоль глобальной оси Z, а также их комбинации. Сейсмические воздействия, например, могут иметь любое направление в пространстве.

Укажите количество собственных частот, которые необходимо обнаружить. Если указанное количество частот превышает максимальное количество форм колебаний, по которым может колебаться конструкция, то программа автоматически выполнит расчет для максимального количества форм колебаний.

Количество частот определяется задачей, которую решает пользователь. СП 35.13330.2011 п. 5.48 регламентирует ограничения по периодам и формам собственных колебаний для разных типов мостовых конструкций, поэтому число форм надо подбирать такое, чтобы однозначно проверить такие диапазоны.

2.14.3 Результаты расчета

После выполнения расчета собственных колебаний пользователю для просмотра будут доступны следующие результаты:

1. Собственные значения конструкции:

- собственная частота [цикл/с]: число полных циклов колебаний в единицу времени (в секунду);

- собственная частота [рад/с]: число полных циклов колебаний в единицу времени (за 2π секунд);

- собственный период: время, за которое конструкция сделает один полный цикл колебаний по соответствующей форме.

2. Модальное участие в массах (эффективная или активная модальная масса) - масса сооружения, участвующей в динамической реакции по определенной форме колебаний при заданном направлении. Определяется для всех направлений относительно глобальных осей X, Y, Z.

3. Относительное модальное участие в массах (эффективная или активная модальная масса, отнесенная к сумме всех масс) – доля массы сооружения, участвующей в динамической реакции по определенной форме колебаний при заданном направлении. Определяется для всех направлений относительно глобальных осей X, Y, Z.

4. Коэффициент модального участия – это мера участия каждой моды или собственной частоты конструкции в ее общую динамическую характеристику. Он рассчитывается путем деления формы режима определенного режима на сумму форм всех режимов структуры. Этот коэффициент используется для определения важности каждой формы в динамическом анализе конструкции. Определяется для всех направлений относительно глобальных осей X, Y, Z.

5. Собственный вектор формы – относительное перемещение узлов в глобальных осях X, Y, Z конструкции при деформировании по *i*-ой форме колебаний. Безразмерная величина.

2.15 Устойчивость

В ПАРИС реализован полноценный модуль анализа устойчивости (Buckling analysis), позволяющий определять критические нагрузки и формы потери устойчивости для стержневых и плитных конструкций. Функционал данного подраздела доступен при наличии модуля «Динамика».

Для добавления параметров расчета устойчивости необходимо воспользоваться вкладкой ленты Модель и далее командой «Устойчивость». Откроется новая вкладка Устойчивость (см. Рисунок 2.94). Для расчета устойчивость элементов конструкции необходимо указать число форм собственных колебаний и указать варианты загружений, которые буду учтены в расчете.

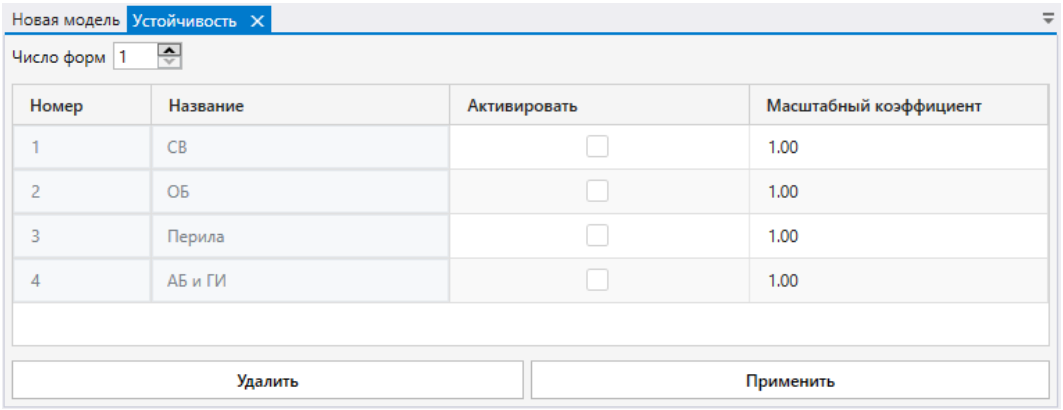


Рисунок 2.94 – Вкладка «Устойчивость»

Результаты расчета доступны на вкладке «Результаты», команда «Формы колебаний» → «Формы потери устойчивости». Откроется окно Параметров команд с названием «Показать формы потери устойчивости» (см. Рисунок 2.95).

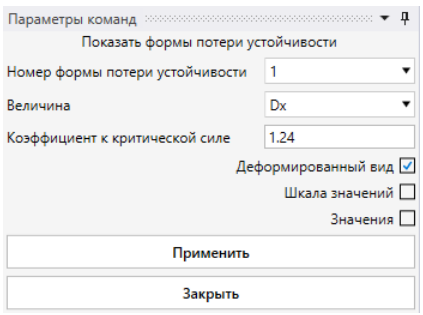


Рисунок 2.95– Команда «Показать формы потери устойчивости»

Для анализа результатов доступны выбор формы потери устойчивости, значения перемещений узлов модели от выбранной формы, коэффициент запаса (во сколько раз критическая сила для данной формы больше действующей).

2.16 Стадии монтажа

Для добавления стадий загружения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Модель и далее командой Стадии (см. Рисунок 2.96). Откроется окно табличного редактора с названием «Таблица стадий». Функционал данного подраздела доступен при наличии модуля «Стадийность».

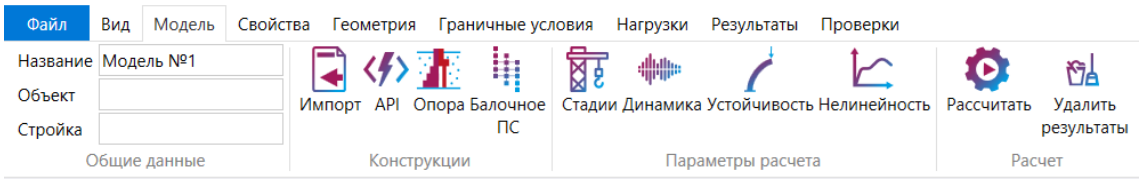


Рисунок 2.96– Вкладка ленты Модель, панель Параметры расчета

Стадии загружения используются для моделирования поэтапного возведения конструкции и последовательного приложения нагрузок. Каждая стадия загружения определяет состояние расчетной модели на определенном этапе строительства или эксплуатации, включая активные элементы конструкции, граничные условия и нагрузки (см. Рисунок 2.97).

Окно редактирования стадий загружения состоит из двух частей:

- левая часть – таблица со списком всех стадий загружения;
- правая часть – вкладки для настройки параметров выбранной стадии.

2.16.1 Задание стадии

Введите название стадии загружения, нажмите кнопку «Добавить». Новая стадия будет добавлена в таблицу со списком стадий. Номер стадии присваивается автоматически на основе количества существующих стадий. Для каждой стадии можно указать продолжительность стадии в днях. Продолжительность используется для учета ползучести и усадки бетона. Для изменения порядка стадий в последовательности возведения используйте кнопки «Вверх» и «Вниз» в верхней части окна. Для удаления стадии выберите в таблице нужную стадию и нажмите кнопку Delete на клавиатуре.

Редактирование параметров стадии.

Выберите стадию в таблице слева. В правой части окна станут доступны четыре вкладки для настройки параметров выбранной стадии:

- Группы геометрии – управление активацией и деактивацией групп элементов.
- Вариант загружения – управление активацией и деактивацией вариантов загружения.
- Группы граничных условий – управление активацией и деактивацией групп граничных условий.
- Композитные сечения – настройка состава композитных сечений для групп элементов.

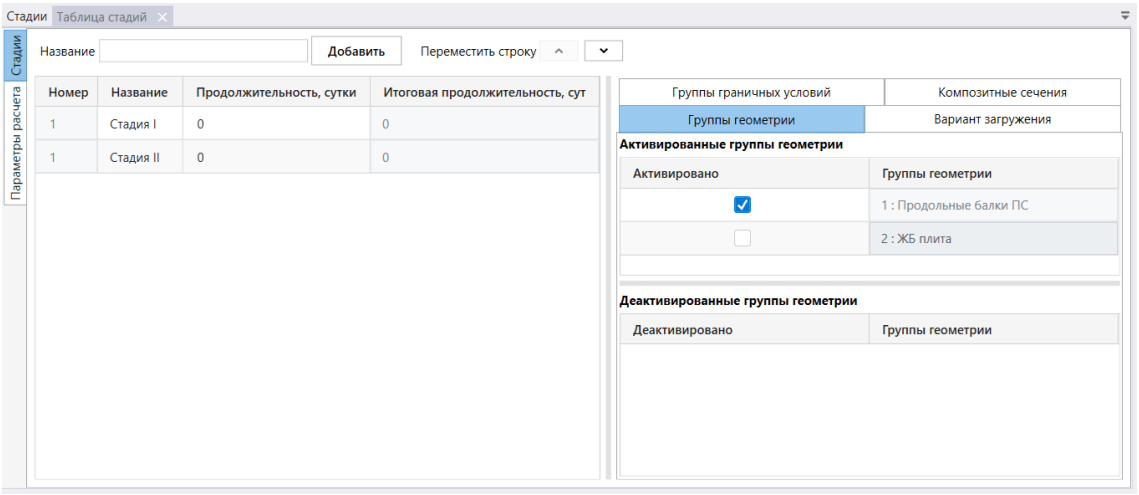


Рисунок 2.97 – Окно задания Стадий расчета, вкладка «Стадии»

Вкладка «Группы геометрии»

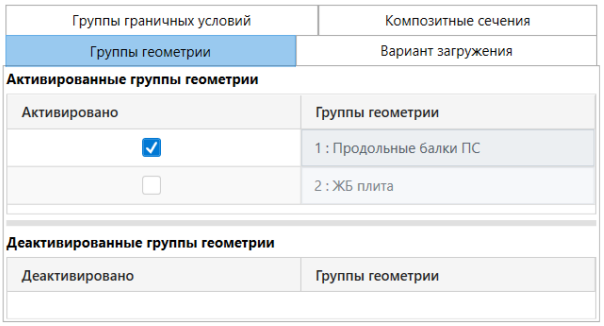


Рисунок 2.98 – Вкладка «Группы геометрии» таблицы стадий

Активированные группы элементов – список групп элементов, которые активируются (включаются в расчет) на данной стадии (см. Рисунок 2.98). Деактивированные группы элементов – список групп элементов, которые деактивируются (исключаются из расчета) на данной стадии.

Вкладка «Вариант загружения»

Активированные варианты загружения – список вариантов загружения, которые активируются (применяются) на данной стадии. Деактивированные варианты загружения – список вариантов загружения, которые деактивируются не применяются) на данной стадии.

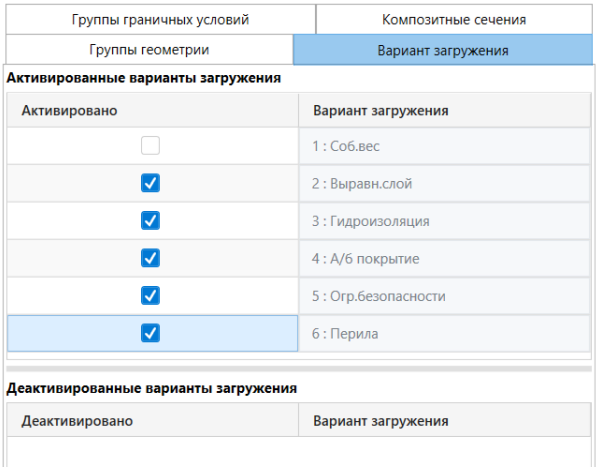


Рисунок 2.99 – Вкладка «Варианты загружений» таблицы стадий

Вкладка «Группы граничных условий»

Активированные группы связей – список групп граничных условий, которые активируются (применяются) на данной стадии. Деактивированные группы связей – список групп граничных условий, которые деактивируются (не применяются) на данной стадии.

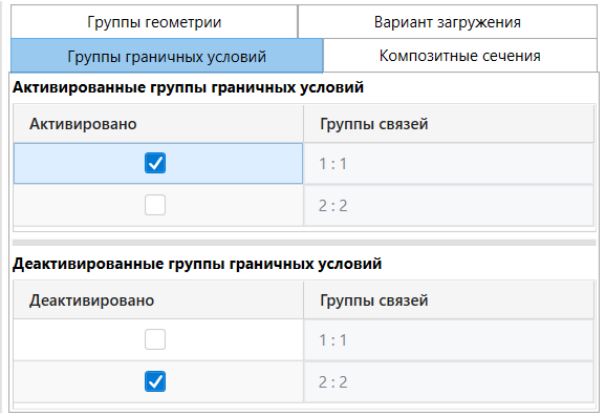


Рисунок 2.100– вкладка «Группы граничный условий» таблицы стадий

Для активации группы связей установите флажок в столбце «Активировано» напротив соответствующей группы в верхней таблице. Активированная группа связей будет применена на данной стадии.

Для активации групп элементов и граничных условий, а также вариантов загружения действует единое правило: активация и деактивация происходит на текущей стадии по флажку в столбце «Активировано» и «Деактивировано» соответственно. В таблице «Активированные группы (варианты)» отображаются только те группы (варианты), которые **не были** активированы на предыдущих стадиях. В таблице «Деактивированные группы (варианты)» отображаются только те группы, которые **были** активированы на предыдущих стадиях.

Вкладка «Композитные сечения»

Вкладка содержит таблицу с группами элементов, имеющими композитные сечения (сталежелезобетонные сечения) (см. Рисунок 2.101).

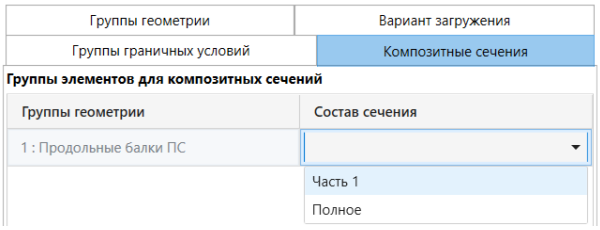


Рисунок 2.101– вкладка «Композитные сечения» таблицы стадий

Для каждой группы элементов можно задать состав сечения на данной стадии:

- Часть 1 – в расчете учитывается только стальная часть композитного сечения;
- Полное – в расчете учитывается полное композитное сечение (стальная часть и железобетонная плита).

Выберите группу элементов в таблице и установите требуемый состав сечения из выпадающего списка в столбце «Состав сечения». Изменение состава сечения позволяет моделировать поэтапное включение железобетонной плиты в совместную работу со стальной балкой.

2.16.2 Расчет модели со стадиями загружения

При расчете модели со стадиями загружения программа последовательно выполняет расчет для каждой стадии в порядке их номеров. Для каждой стадии:

- Активируются группы элементов, указанные в списке активированных групп элементов данной стадии и всех предыдущих стадий (за вычетом деактивированных групп);
- Активируются группы граничных условий, указанные в списке активированных групп связей данной стадии и всех предыдущих стадий (за вычетом деактивированных групп);
- Применяются варианты загружения, указанные в списке активированных вариантов загружения данной стадии и всех предыдущих стадий (за вычетом деактивированных вариантов);
- Учитывается состав композитных сечений, заданный для данной стадии;
- Результаты расчета предыдущих стадий учитываются как начальные условия для текущей стадии (деформации, внутренние усилия, напряжения).

В ПАРИС предусмотрены следующие параметры расчета (см. Рисунок 2.102):

- Тип анализа: линейный и нелинейный;
- Связь стадий: независимая и суммарная;
- Возможность преобразовать вантовый элемент на эквивалентный ферменный для постмонтажа;
- Возможность учесть начальные перемещения в стадийном расчете.

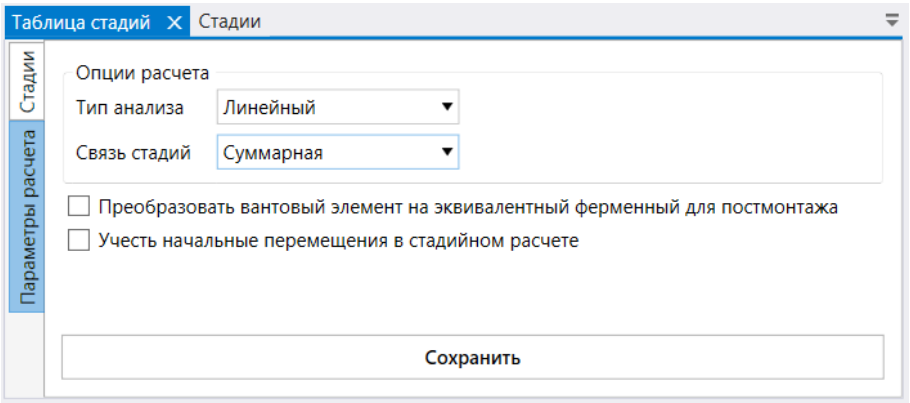


Рисунок 2.102– Таблица стадий, вкладка «Параметры расчета»

2.16.3 Результаты расчета по стадиям

После выполнения расчета результаты доступны для каждой стадии отдельно. В окне визуализации модели доступен выбор стадии для просмотра результатов через выпадающий список строке состояния. При выборе стадии отображаются результаты расчета для выбранной стадии с учетом всех предыдущих стадий.

2.17 Нелинейный анализ

Нелинейный анализ предназначен для выполнения расчёта с учётом геометрической нелинейности конструкции (большие перемещения и повороты, изменение жёсткости системы из-за деформаций). Функционал данного подраздела доступен при наличии модуля «Нелинейность».

Для задания параметров нелинейного расчёта модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Модель, группа «Параметры расчёта», командой «Нелинейность» (см. Рисунок 2.103). Откроется окно задания нелинейного анализа (см. Рисунок 2.104).

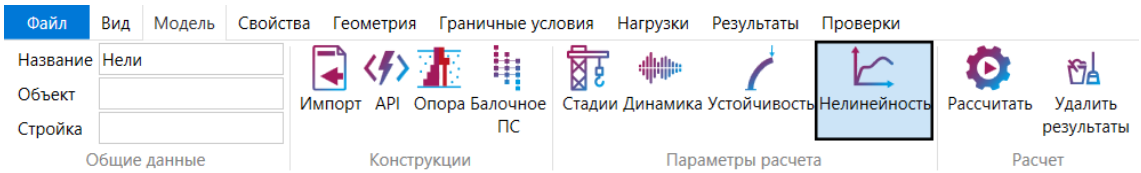


Рисунок 2.103– вкладка ленты Модель → Параметры расчета → Нелинейность

Окно задания нелинейного анализа состоит из следующих групп:

- Тип нелинейности – отображает тип выполняемого расчёта. В текущей версии программы поддерживается только геометрическая нелинейность.
- Параметры решения – настройки численного решения нелинейной задачи:
  - Метод нелинейного расчёта – метод решения (Ньютон–Рафсон);
  - Число шагов – количество шагов нагружения при нелинейном расчёте;
  - Максимальное число итераций – предельное число итераций на одном шаге нагружения;
  - Критерий сходимости – допустимая погрешность сходимости итерационного процесса.
- Учёт нелинейного поведения элементов – дополнительные опции учёта нелинейности материала элементов:
  - Балки и фермы – учёт нелинейного поведения стержневых элементов;
  - Плиты – учёт нелинейного поведения плитных элементов.

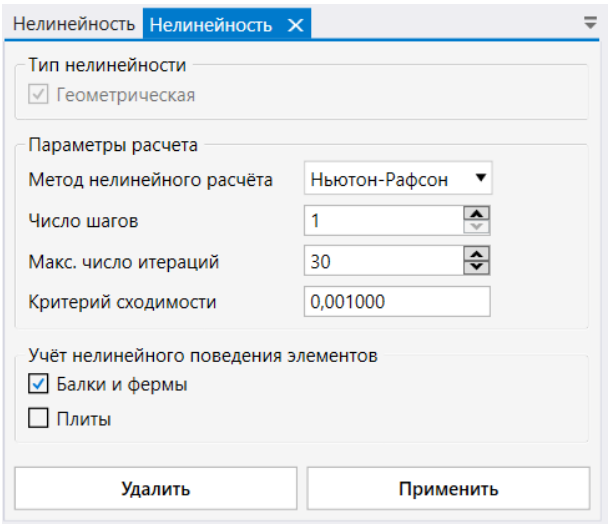


Рисунок 2.104– Окно задания нелинейного расчета

Для сохранения параметров нажмите кнопку «Применить». Для удаления задания нелинейного анализа нажмите кнопку «Удалить».

При изменении параметров нелинейного анализа результаты предыдущего расчёта удаляются. Программа предупредит о необходимости сохранения модели. После задания нелинейного анализа обычный линейный расчёт модели выполняется с учётом заданных параметров нелинейности.

При использовании стадий монтажа (см. раздел 2.15) параметры нелинейного расчёта задаются отдельно для стадийного расчёта.

Для задания параметров воспользуйтесь вкладкой ленты Модель, командой «Стадии». Откроется окно «Таблица стадий».

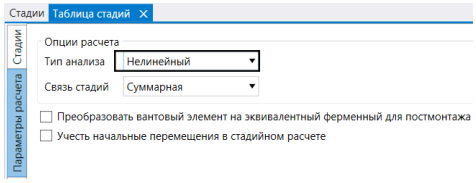


Рисунок 2.105 – Задание типа анализа стадий

Перейдите на вкладку «Параметры расчёта» (см. Рисунок 2.105). В группе «Параметры расчёта» выберите тип анализа «Нелинейный».

На вкладке «Нелинейность» (см. Рисунок 2.106) задайте параметры нелинейного анализа стадий: метод решения, число шагов, максимальное число итераций, критерий сходимости, учёт нелинейности балок/ферм и плит.

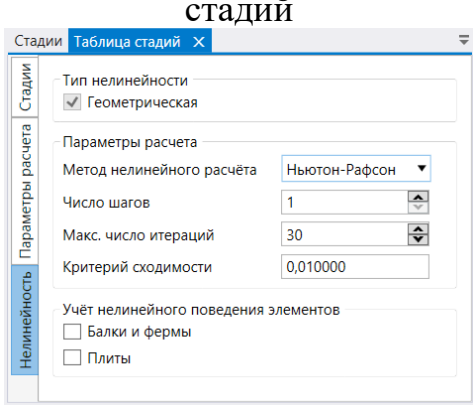


Рисунок 2.106 – Задание параметров нелинейного анализа при стадийном расчете

На вкладке «Параметры расчёта» дополнительно доступны:

- Связь стадий – способ учёта результатов предыдущих стадий:
  - Независимая – каждая стадия рассчитывается независимо;
  - Суммарная – результаты предыдущих стадий учитываются при расчёте последующих.
- Преобразовать вантовый элемент на эквивалентный ферменный в постмонтажном расчёте.
- Учесть начальные перемещения в стадийном расчёте – учет положения активируемых на стадии элементов с учётом перемещений предыдущих стадий.

2.18 Возможности графических инструментов

2.18.1 Панель быстрого доступа

На панели быстрого доступа добавлены следующие функции:

- создать новую модель (Ctrl+N);
- открыть существующую модель (Ctrl+O);
- выполнить расчет модели (F5);
- сохранить / сохранить как текущую модель (Ctrl+S);
- отменить последнее действие (Ctrl+Z). Также доступен список последних действий;
- повторить последнее действие (Ctrl+Y). Также доступен список последних действий.

2.18.2 Вкладка ленты Вид

Для управления отображением модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Вид (см. Рисунок 2.107).

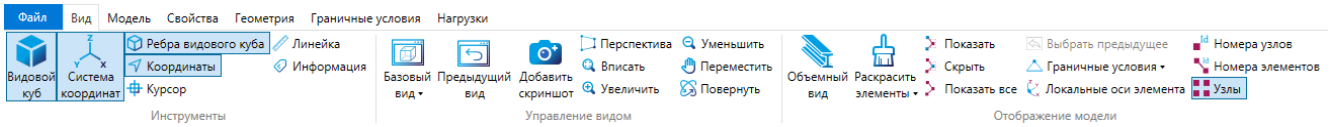


Рисунок 2.107– Вкладка ленты Вид

В группе **Инструменты** можно выбрать, какие элементы управления (видовой куб, система координат, координаты, курсор) должны отображаться в окне представления модели. Кроме того, в этой группе содержится инструмент для определения расстояния меду двумя узлами (Линейка) и вывода информации с параметрами узла и элемента (Информация).

В группе **Управление видом** находятся команды управления окном представления модели. С помощью команд этой группы можно установить необходимый вид на трехмерную модель (сверху, снизу, слева, спереди и т.д.); вписать модель в границы окна; зуммировать, панорамировать и вращать модель левой кнопкой мыши. По умолчанию, зуммирование модели выполняется вращением колесика мыши, панорамирование – колесиком мыши, вращение модели – правой кнопкой мыши.

Каждое изменение положения модели относительно окна представления сохраняется, что позволяет пользователю переключаться на предыдущий вид, используя соответствующую команду. По умолчанию, количество сохраняемых видов составляет 50 шт. Команда «Добавить скриншот» позволяет сохранить в проекте вид модели со всеми настройками и активировать его при необходимости.

В группе **Отображение модели** собраны команды для настройки внешнего вида трехмерной модели. Команда «Объемный вид» управляет отображением стержневых элементов в виде линий или объемных тел, используя заданное поперечное сечение. Команда «Раскрасить элементы» позволяет изменить цвета элементов по четырем параметрам: материалу, сечению, толщине, группам. Если команда активна, происходит перекрашивание элементов модели, если команда не активна, цвета элементов возвращаются к стандартным. Настройка цвета выполняется через контекстное меню обозревателя для каждого параметра. Команды «Показать» и «Скрыть» позволяют скрыть или наоборот отобразить выделенные элементы модели. Команда «Показать все» делает все скрытые элементы видимыми.

Для выделения элементов модели используется левая кнопка мыши. Одиночное выделение элементов выполняется с зажатой клавишей Ctrl, множественное – рамкой. Для снятия выделения используется клавиша Shift. Каждое выделение элементов сохраняется, что позволяет пользователю активировать предыдущий выбор элементов, используя соответствующую команду. По умолчанию, количество сохраняемых выделений составляет 50 шт. Также в этой группе доступны команды отображения/скрытия граничных условий (опор, одноузловых, двухузловых и жестких связей).

2.18.3 Панель графических инструментов

На панели графических инструментов добавлены следующие функции:

- работа с видом модели:
  -  перемещение модели в выбранной плоскости;
  -  вписать модель в границы окна визуализации;
  -  увеличить масштаб отображения модели;

 уменьшить масштаб отображения модели;

 переключение вида ортогональный / перспектива;

 активировать выбранные узлы и конечные элементы из окна визуализации;

 деактивировать выбранные узлы и конечные элементы из окна визуализации;

 отобразить все узлы и конечные элементы модели в окне визуализации.

- визуализация подписей:

 отобразить / скрыть подписи номеров узлов в окне визуализации;

 отобразить / скрыть подписи номеров элементов в окне визуализации.

- работа с отдельными элементами модели:

 привязка курсора к ближайшему от него узлу модели;

 отобразить / скрыть граничные условия, заданные типом «опоры»;

 отобразить / скрыть граничные условия, заданные типом «одноузловые связи»;

 отобразить / скрыть граничные условия, заданные типом «двухузловые связи»;

 отобразить / скрыть граничные условия, заданные типом «жесткие связи»;

 отобразить / скрыть локальные оси элементов;

 переключение типа отображения стержневых элементов «вид в осях» / «объемный вид»;

2.18.4 Обозреватель модели

Обозреватель модели представляет собой древовидное меню, упорядоченное в соответствии с процедурой ввода данных для расчета. Обозреватель модели систематизирует данные моделирования и расчета.

Обозреватель модели отображает все элементы расчетной модели в иерархической структуре:

- Модель – корневой элемент дерева, содержащий название модели;
- Узлы – список всех узлов расчетной модели;
- Элементы – список всех элементов модели, организованный по типам (балочные, плитные, вантовые и т.д.);
- Свойства – список материалов, сечений, толщин, армирования;
- Граничные условия – список опор, шарниров, связей;
- Группы – список групп элементов и граничных условий;
- Статические нагрузки – список статических нагрузок, организованный по вариантам загружения;
- Подвижные нагрузки – список транспортных средств, линий и поверхностей влияния, вариантов загружений;
- Настройки расчета – информация по сочетаниям, стадиям и дополнительным типам расчета (нелинейность, динамика).

Работа с обозревателем модели.

Для работы с элементом обозревателя модели щелкните по нему левой кнопкой мыши. Для выбора нескольких элементов используйте клавиши Ctrl (для выбора отдельных элементов) или Shift (для выбора диапазона элементов).

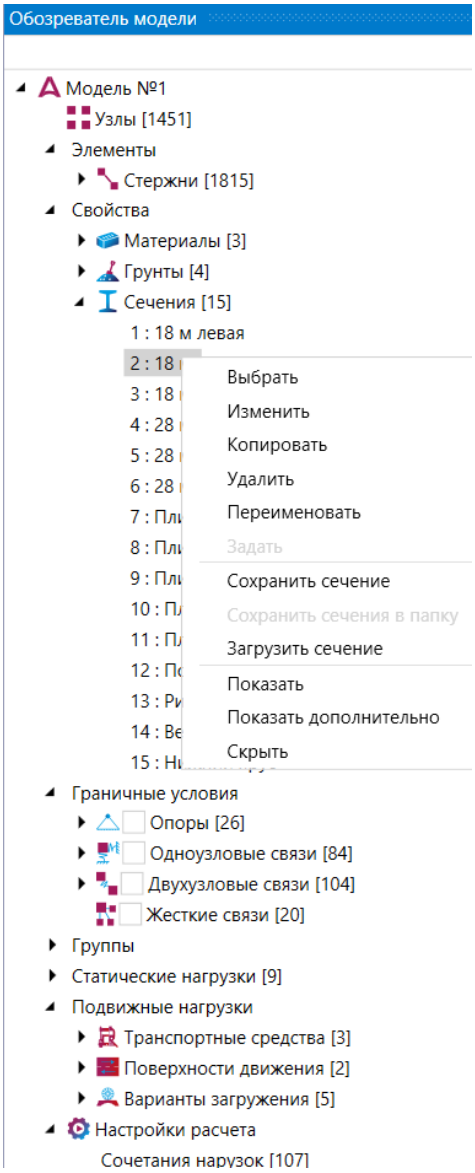


Рисунок 2.108– Обозреватель модели

Дважды щелкните по элементу для открытия окна редактирования его свойств, если не изменены стандартные настройки (см. Раздел 1.8.1). Используйте контекстное меню (правый щелчок мыши) для выполнения операций с выбранными элементами.

Текстовый поиск в дереве

Для быстрого поиска элементов в обозревателе модели используется строка поиска, расположенная в верхней части обозревателя модели. После ввода текста в строку программа отфильтрует дерево, оставив только те элементы, названия которых содержат введенный текст (без учета регистра).

Если элемент соответствует критерию поиска, но скрыт внутри свернутого узла, родительский узел будет автоматически развернут для отображения найденного элемента. Для отмены поиска очистите поле поиска или удалите весь введенный текст. Дерево вернется к полному отображению всех элементов.

Перемещение нагрузок между вариантами загружения.

Для перемещения нагрузок из одного варианта загружения в другой используется операция перетаскивания (drag and drop).

Поддерживаются следующие типы нагрузок для перемещения:

- собственный вес;
- узловые нагрузки;
- узловые перемещения;
- нагрузки на балку;
- нагрузки на поверхность;
- температурные нагрузки;
- преднатяжение;
- нагрузки от навала судов
- ледовые нагрузки;
- ветровые нагрузки;
- давления грунта;

Для перемещения нагрузок, сгруппированных в родительские контейнеры (например, ветровые нагрузки), перетаскивается весь родительский контейнер, что перемещает все нагрузки группы в новый вариант загружения.

Переименование элементов.

Для переименования элементов в обозревателе модели: выберите элемент в дереве, нажмите клавишу F2 или контекстное меню → Переименовать, введите новое название элемента, нажмите клавишу Enter для подтверждения переименования или клавишу Escape для отмены операции. Если введенное название уже используется другим элементом того же типа, программа выдаст предупреждение и не позволит сохранить изменения.

Переименование доступно для следующих типов элементов:

- группы элементов;
- группы переменных сечений;
- группы граничных условий;
- группы грунтов;
- материалы;
- сечения;
- толщины;
- армирование;
- варианты загружения;
- линии/поверхности движения;
- транспортные средства;
- варианты загружения подвижной нагрузкой.

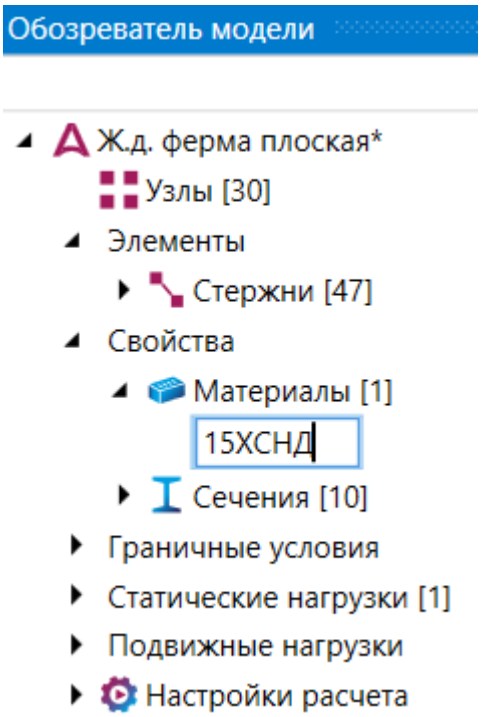


Рисунок 2.109– Изменение название элемента в обозревателе модели

Создание недостающих групп.

В обозревателе модели можно создавать новые группы элементов и вариантов загружения через контекстное меню корневого элемента (см. Рисунок 2.110).

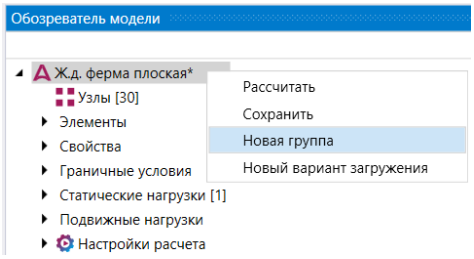


Рисунок 2.110– Создание новой группы в Обозревателе модели

Добавить элементы и узлы в группу можно, выделив их в окне визуализации и перетащив нужную группу из обозревателя в окно визуализации.

Контекстное меню.

Контекстное меню в обозревателе модели содержит команды, доступные для выбранного элемента. Состав команд зависит от типа выбранного элемента:

Для узлов:

- Выбрать свободные узлы – выбор всех узлов, не связанных с элементами;
- Выбрать все – выбор всех узлов модели;
- Удалить все – удаление всех узлов модели.

Для элементов:

- Выбрать – выбор элементов данного типа в окне визуализации;
- Удалить – удаление выбранных элементов;
- Показать – отображение элементов в окне визуализации;
- Показать дополнительно – отображение элементов вместе с отображаемыми элементами;
- Скрыть – скрытие элементов в окне визуализации.

Для материалов, сечений, толщин:

- Выбрать – выбор элементов, использующих данный материал/сечение/толщину;
- Изменить – открытие окна редактирования свойства;
- Копировать – создание копии свойства;
- Удалить – удаление свойства;
- Переименовать – переименование свойства;

- Задать – установка свойства для выбранных элементов модели;
- Цвет – выбор цвета для элементов, использующих данный материал/сечение/толщину;
- Сбросить цвет – возвращение к стандартному цвету элемента;
- Показать – отображение элементов в окне визуализации;
- Показать дополнительно – отображение элементов вместе с отображаемыми элементами;
- Скрыть – скрытие элементов в окне визуализации.

Для вариантов загружения:

- Добавить нагрузку – открытие окна создания нагрузки для данного варианта загружения;
- Удалить – удаление варианта загружения и всех его нагрузок.
- Для нагрузок:
- Изменить – открытие окна редактирования нагрузки;
- Удалить – удаление нагрузки;
- Показать – отображение нагрузки в окне визуализации;
- Скрыть – скрытие нагрузки в окне визуализации.

Для групп:

- Выбрать – выбор всех элементов группы в окне визуализации;
- Изменить – открытие окна редактирования группы;
- Удалить – удаление группы (элементы группы не удаляются);
- Переименовать – переименование группы;
- Цвет – выбор цвета для элементов, использующих данный материал/сечение/толщину;
- Сбросить цвет – возвращение к стандартному цвету элемента;
- Показать – отображение элементов в окне визуализации;
- Показать дополнительно – отображение элементов вместе с отображаемыми элементами;
- Скрыть элементы – скрытие элементов в окне визуализации.

2.18.5 Табличное редактирование

В ПАРИС таблицы являются мощным инструментом редактирования модели и анализа данных. В таблицах реализована удобная фильтрация по числовым и текстовым значениям, диапазону значений, списку содержащихся в столбце данных. Таблицы имеют поддержку формата вывода данных и автоматически подстраиваются под выбранные единицы измерения. В таблицах имеется строка состояния с выводом суммы, максимального, минимального и среднего значения диапазона. Таблицы поддерживают масштабирование и копирование / вставку данных в / из сторонних табличных редакторов.

Для табличного редактирования параметров узлов и элементов модели необходимо воспользоваться вкладкой Геометрия и далее командами Таблица узлов / Таблица стержневых элементов / Таблица плитных элементов.

В таблице узлов (см. Рисунок 2.111) координаты всех узлов доступны для редактирования. Кроме того, можно создавать новые узлы. Для этого вводятся значения координат. Номер узла будет присвоен автоматически путем увеличения предыдущего максимального номера на единицу.

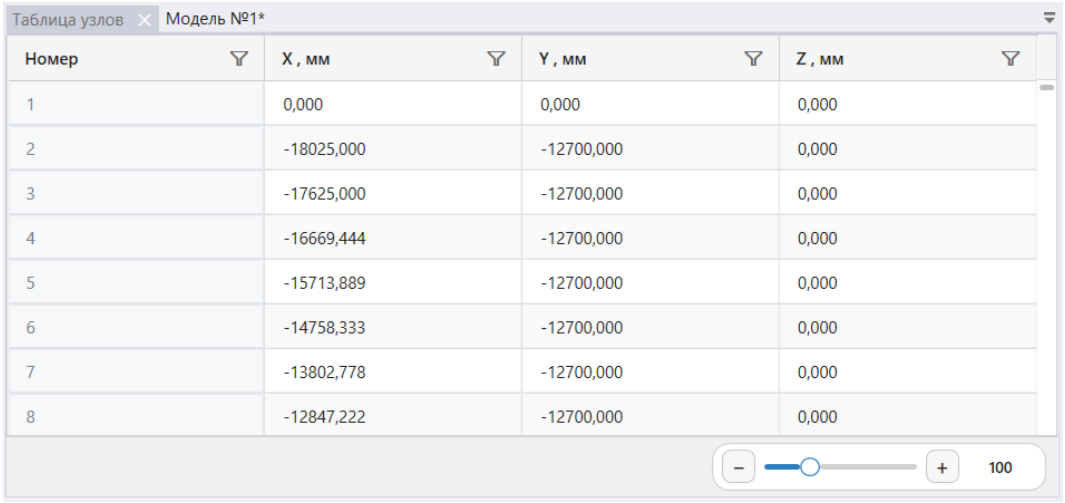
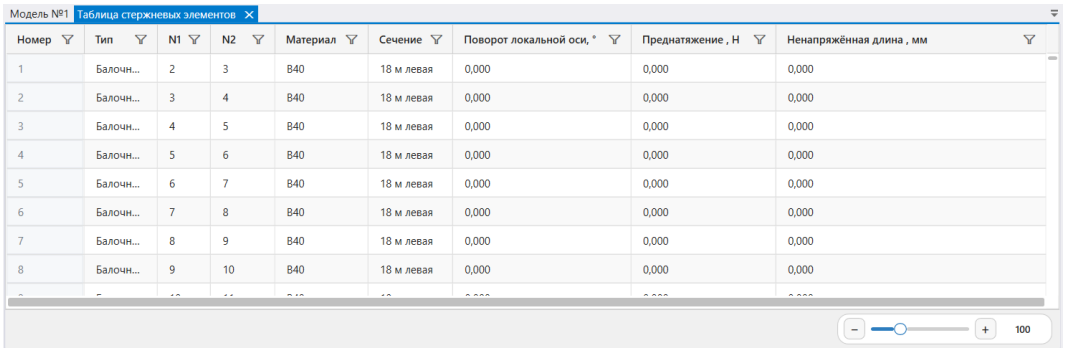


Рисунок 2.111– Команда «Таблица узлов»

В таблице элементов (см. Рисунок 2.112) номера узлов, геометрические и физические параметры доступны для редактирования. Кроме того, можно создавать новые элементы. Для этого вводятся тип элемента, номера узлов, принадлежащих элементу, материал, сечение или толщина. Номер элемента будет

присвоен автоматически путем увеличения предыдущего максимального номера на единицу. Все элементы независимо от типа имеют сквозную нумерацию.

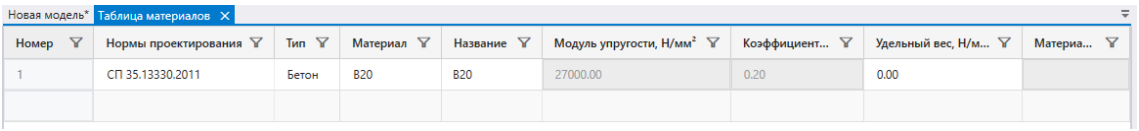

Модель №1 | Таблица стержневых элементов

Номер	Тип	N1	N2	Материал	Сечение	Поворот локальной оси, °	Преднатяжение , Н	Ненапряжённая длина , мм
1	Балочн...	2	3	B40	18 м левая	0,000	0,000	0,000
2	Балочн...	3	4	B40	18 м левая	0,000	0,000	0,000
3	Балочн...	4	5	B40	18 м левая	0,000	0,000	0,000
4	Балочн...	5	6	B40	18 м левая	0,000	0,000	0,000
5	Балочн...	6	7	B40	18 м левая	0,000	0,000	0,000
6	Балочн...	7	8	B40	18 м левая	0,000	0,000	0,000
7	Балочн...	8	9	B40	18 м левая	0,000	0,000	0,000
8	Балочн...	9	10	B40	18 м левая	0,000	0,000	0,000

Рисунок 2.112– Команда «Таблица стержневых элементов»

Для табличного редактирования свойств элементов модели необходимо воспользоваться вкладкой Свойства и далее командами Таблица материалов / Таблица сечений / Таблица толщин / Таблица грунтов.

В этих таблицах все параметры доступны для редактирования (см. Рисунок 2.113). Кроме того, можно создавать новые свойства. Номер нового свойства присваивается автоматически. В таблице сечений задаются сразу геометрические характеристики сечения без задания его профиля или контура.


Новая модель* | Таблица материалов

Номер	Нормы проектирования	Тип	Материал	Название	Модуль упругости, Н/мм²	Коэффициент...	Удельный вес, Н/м...	Материа...
1	СП 35.13330.2011	Бетон	B20	B20	27000.00	0.20	0.00	

Рисунок 2.113– Команда «Таблица материалов»

Для табличного редактирования статических нагрузок, приложенных к модели, необходимо воспользоваться вкладкой Нагрузкой и далее командами Таблица вариантов загружения / Таблица узловых нагрузок / Таблица узловых перемещений / Таблица нагрузок на балку / Таблица нагрузок на поверхность / Таблица температурных нагрузок / Таблица преднатяжения.

В таблице вариантов загружения (см. Рисунок 2.114) описание всех созданных типов статических загружений доступны для редактирования. Кроме того, можно создавать новые варианты загружений статической нагрузкой. Для этого вводятся название и тип загружения, а также примечание в свободной форме при необходимости. Номер нового варианта загружения будет присвоен автоматически путем увеличения предыдущего максимального номера на единицу.

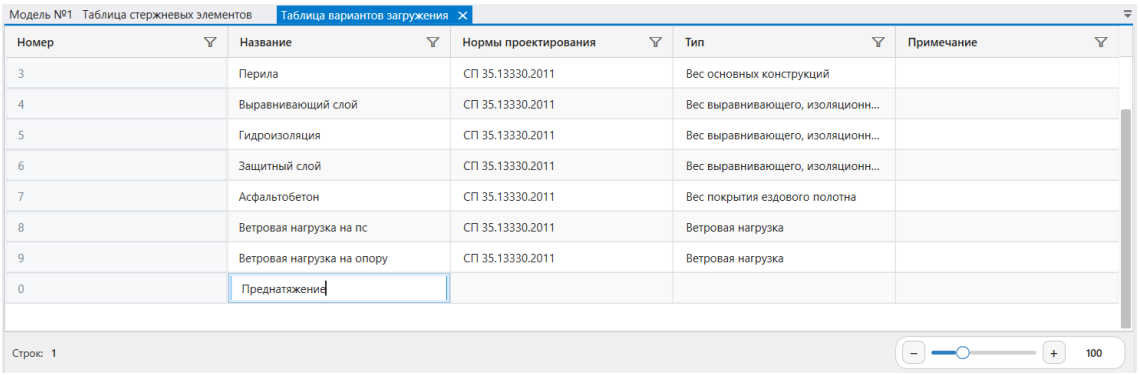


Рисунок 2.114– Команда «Таблица вариантов загружения»

В таблицах узловых нагрузок, узловых перемещений, нагрузок на балку, нагрузок на поверхность, температурных нагрузок и преднатяжения все параметры доступны для редактирования. Кроме того, можно создавать новые нагрузки. Для этого выбирается вариант загружения из доступных, узел или элемент, величина нагрузки и т.п. Номер новой нагрузки присваивается автоматически.

Таблицы ветровых нагрузок и давления грунта доступны только для просмотра. Там отображаются узловые нагрузки с составляющими вдоль осей глобальной системы координат.

Для отображения веса каждого элемента на вкладке ленты Свойства в панели Таблицы следует нажать кнопку «Таблица весов». Откроется окно «Таблица весов» (см. Рисунок 2.115).

В таблице весов отображаются:

- номер элемента
- тип элемента
- вес элемента в заданных единицах.

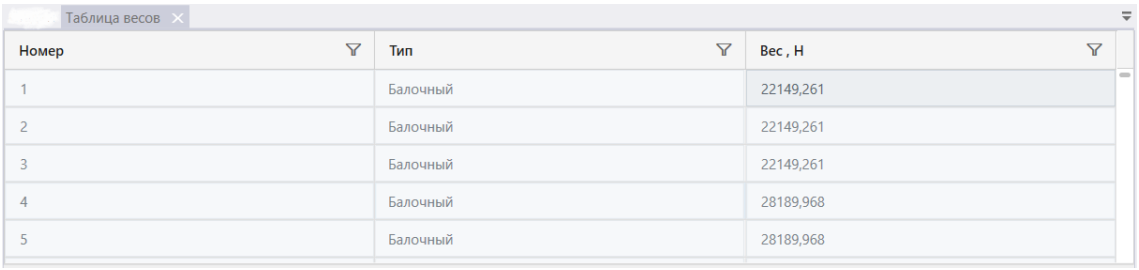


Рисунок 2.115– Таблица весов элементов

3 МОДУЛЬ МАСТЕР КОНСТРУКЦИЙ

Модуль мастер конструкций расположен на вкладке «Модель» (см. Рисунок 3.1) и предназначен для автоматизации формирования расчетной модели. В рамках модуля доступен функционал по объединению нескольких расчетных моделей в одну (команда «Импорт»), по работе с расчетной моделью с помощью программного интерфейса (команда «API»), по быстрой генерации моделей пролетных строений и опор (команды «Балочное ПС» и «Опора»).

Исходными данными для генерации отдельных конструкций сооружений являются заранее введенные свойства материалов, сечений, грунтов. По умолчанию программой подразумевается, что продольная ось мостового сооружения является глобальная ось X, а ускорение свободного падения направлено против глобальной оси Z.

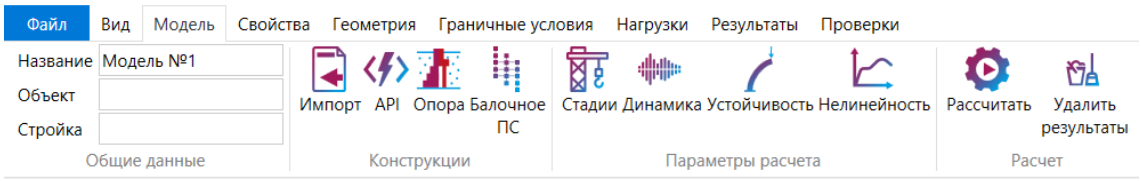


Рисунок 3.1 – Вкладка ленты Модель → Конструкции

Параметры конструкций, введенные в форму мастера создания, доступны для **сохранения** и **загрузки**. При сохранении формы также сохраняется информация о выбранных сечениях, материалах и грунтах. При загрузке файла в форму мастера конструкций в файле модели будут созданы все необходимые сечения, материалы и грунты, поэтому такой файл можно загружать даже в пустую модель.

3.1 Опора

Мастер создания опор предназначен для автоматического конструирования опоры только из балочных конечных элементов по расширенным параметрам (см. Рисунок 3.2 и Рисунок 3.3).

Окно мастера опоры состоит из двух вкладок:

- Ярусы опоры – настройка параметров ярусов опоры;
- Грунтовые слои – задание грунтовых слоев основания.

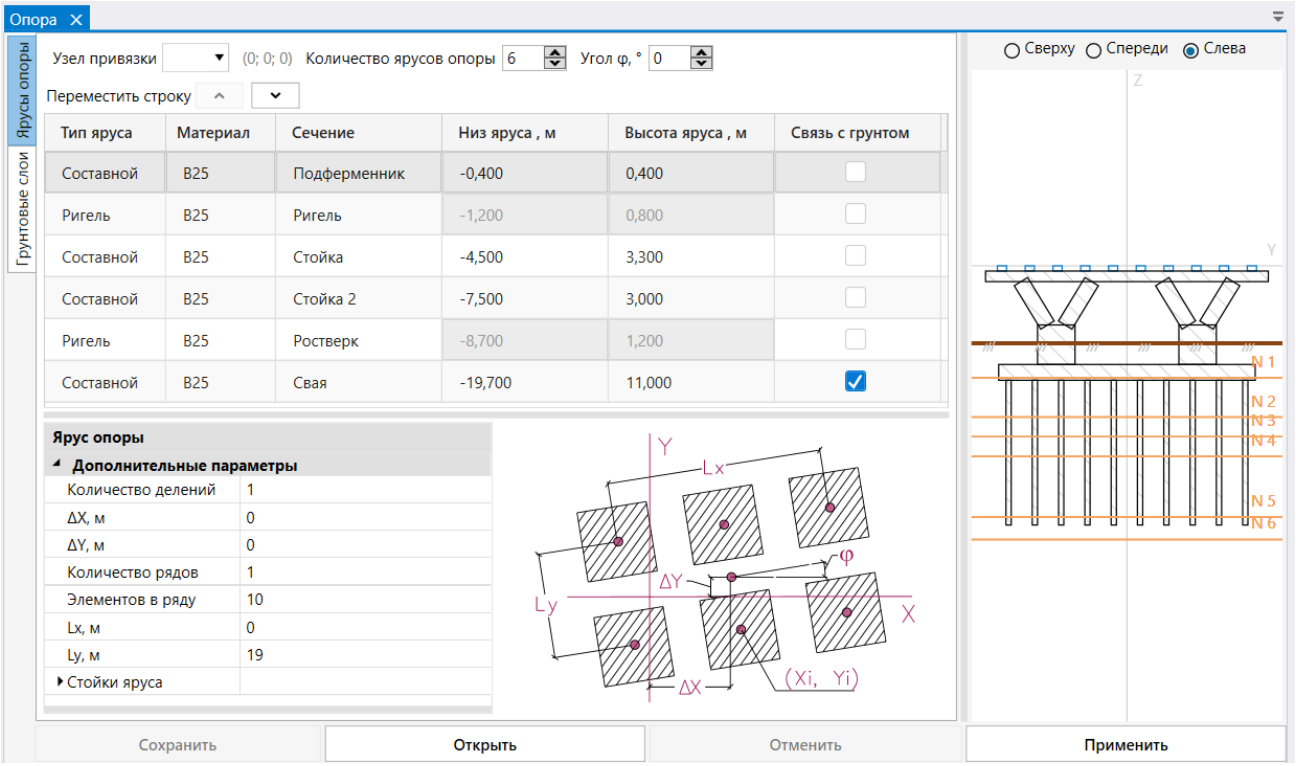


Рисунок 3.2 – Общий вид формы мастера создания опоры

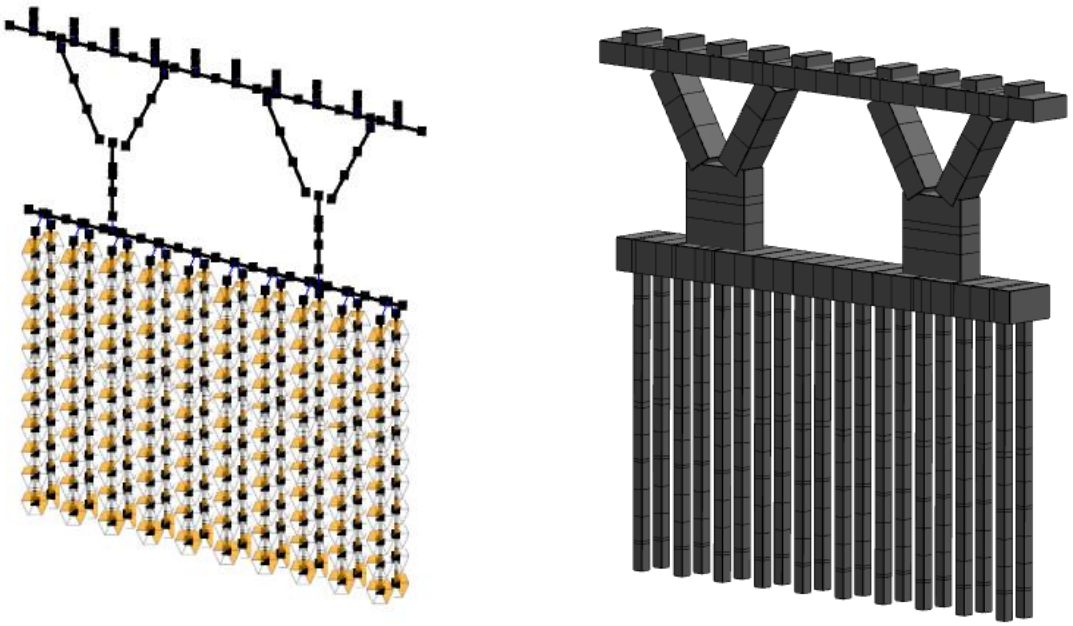


Рисунок 3.3 – Расчетная модель опоры, созданная с помощью мастера создания конструкций

3.1.1 Вкладка «Ярусы опоры»

Вкладка «Ярусы опоры» предназначена для описания конструкции опоры по ярусам, задавая их тип, поперечное сечение, материал, размеры. В ПАРИС предусмотрены следующие параметры описания ярусов:

- **Узел привязки**. Для однозначного определения планово-высотного положения конструкции необходимо заранее создать узел, который будет являться верхом оси создаваемой опоры. Все отметки ярусов опоры должны быть привязаны к выбранному узлу и отсчитываться от его положения по глобальной оси *Z*.
- **Количество ярусов опоры**. Число ярусов, отличающихся между собой плановым положением, компоновкой отдельных элементов или сечением. Число ярусов не ограничено.
- **Угол φ**. По умолчанию все ярусы опоры ориентированы вдоль глобальных осей *X* и *Y*. Если пользователю необходимо, чтобы созданная опора имела разворот относительно глобальной оси *Z*, то необходимо задать данный параметр отличный от нуля. Положительное направление угла поворота от положительного направления оси X в сторону положительного направления оси Y.

Далее пользователю необходимо заполнить информацию о составе каждого яруса опоры и каждого грунтового слоя.

Ярус имеет следующие расширенные параметры:

- Тип яруса:
  - монолитный – вертикальный ярус, представленный единым сплошным сечением (тело массивной опоры, элементы фундамента мелкого заложения и т.д.). Для данного яруса будут создаваться элементы, ориентированный вдоль глобальной оси *Z*;
  - составной – вертикальный ярус, состоящий из нескольких элементов одинакового сечения (подферменный тумбочки, стойки, сваи и т.д.). Для данного яруса будут создаваться элементы, ориентированный вдоль глобальной оси *Z*;
  - ригель – горизонтально ориентированный ярус. Для данного яруса будут создаваться элементы, ориентированный вдоль глобальной оси *X*.
- **Материал** – свойство, доступное из перечня ранее созданных материалов (см. раздел 2.7.1)
- **Сечение** – свойство, доступное из перечня ранее созданных сечений (см. разделы 2.7.4 – 2.7.6). Для монолитного и составного ярусов элементы будут создаваться вдоль глобальной оси *Z*, поэтому и поперечное сечение необходимо

задавать таким, каким оно проецируется на плоскость глобальных осей *XY*. Вид выбранного сечения будет отображаться на схеме под таблицей ярусов при активации соответствующего яруса. Для яруса типа «ригель» будут создаваться элементы, ориентированные вдоль глобальной оси *Y*, поэтому при отображении на схеме под таблицей ярусов такой ярус будет показан в виде прямоугольника размер которого вдоль глобальной оси *X* будет соответствовать габаритному размеру сечения по его локальной оси *Y*, а вдоль глобальной оси *Y* – длине ригеля.

- **Низ яруса –** отметка низа каждого яруса в пользовательских единицах измерения в единой системе координат с выбранным узлом привязки. При ярусе типа «ригель» отметка низа яруса вычисляется автоматически как разница между низом предыдущего яруса и габаритным размером сечения, выбранного для данного яруса, вдоль его локальной оси *Z*. При изменении низа яруса высота яруса будет пересчитана автоматически.
- **Высота яруса –** высота каждого яруса в пользовательских единицах измерения. При ярусе типа «ригель» отметка низа и высота яруса вычисляется автоматически как разница между низом предыдущего яруса и габаритным размером сечения, выбранного для данного яруса, вдоль его локальной оси *Z*. При изменении высоты яруса отметка низа яруса будет пересчитана автоматически.
- **Параметр связи с грунтом –** отвечает за создание связей, моделирующих связь с грунтами.
- **Длина ригеля –** габаритный размер ригеля вдоль глобальной оси *Y* в пользовательских единицах измерения. Параметр активен при типе яруса «ригель».
- **Количество рядов –** число рядов элементов вдоль глобальной оси *X*. Параметр активен при типе яруса «составной».
- **Элементов в ряду** – число элементов в каждом ряду (число элементов вдоль глобальной оси *Y*). Параметр активен при типе яруса «составной».
- **Lx, Ly –** необязательный параметр, определяющий расстояние между осями крайних элементов составного яруса в каждом ряду. Параметр активен при типе яруса «составной». Если установлено значение «0», то шаг между элементами в ряду вычисляется автоматически как равномерный по размеру нижнего, если

составной ряд является самым верхним, или нижнего в противном случае. Если в ряду установлено 5 элементов и расстояние между крайними элементами, например, равно 10 м, то шаг между элементами в ряду составит 10 / (5 – 1) = 2,5 м.

- **Количество делений –** число балочных элементов, которые будут созданы вдоль яруса. Для ярусов, испытывающих большие изгибные деформации рекомендуется устанавливать число делений не менее 10.
- **Смещение вдоль глобальной оси X (ΔX) –** смещение оси яруса вдоль глобальной оси *X* в пользовательских единицах измерения. Положительное направление глобальной оси *X* изображено на схеме яруса под таблицей ярусов.
- **Смещение вдоль глобальной оси Y (ΔY) –** смещение оси яруса вдоль глобальной оси *Y* в пользовательских единицах измерения. Положительное направление глобальной оси *Y* изображено на схеме яруса под таблицей ярусов.

Для каждой стойки составного ряда существует возможность редактирования положения центра сечения стойки в плоскости XOY, а также задавать тангенс угла наклона.

3.1.2 Вкладка «Грунтовые слои»

Вкладка «Грунтовые слои» предназначена для описания грунтового основания опоры. При свайном фундаменте эти данные будут использованы для определения жесткости одноузловых связей в узлах элементов свай.

Параметры грунтов:

- **Уровень естественной поверхности грунта**. Данный параметр используется при создании опор на свайном фундаменте и необходим для расчета жесткости одноузловых связей, имитирующих совместную работу грунта основания и свай.
- **Количество слоев грунта.** Число грунтов, отличающихся между собой физико-механическими характеристиками и расположенные по высоте опоры.
- **Грунтовый слой** – свойство, доступное из перечня ранее созданных грунтов (см. раздел 2.7.2).

- **Низ слоя –** отметка низа каждого грунтового слоя в пользовательских единицах измерения в единой системе координат с выбранным узлом привязки. Для корректной работы мастера конструкций отметка низа последнего грунтового слоя должна быть ниже отметки низа последнего яруса опоры. При изменении низа слоя высота слоя будет пересчитана автоматически.
- **Высота слоя –** высота каждого грунтового слоя в пользовательских единицах измерения. При изменении высоты слоя отметка низа слоя будет пересчитана автоматически.

Чтобы автоматически заполнить данные по грунтовым слоям при создании опоры можно указать группу грунтов, имеющуюся в расчетной модели.

3.1.3 Создание модели

После настройки всех параметров нажмите кнопку «Применить» для создания расчетной модели опоры. Программа автоматически создаст:

- Элементы тела опоры, связанные между собой жесткими связями;
- Элементы фундамента с одноузловыми связями рассчитанной жесткости в зависимости от характеристик грунта.

Все созданные элементы будут добавлены в расчетную модель и могут быть отредактированы стандартными средствами программы. Для удаления сгенерированной конструкции воспользуйтесь командой «Отмена» в окне мастера.

3.2 Балочное ПС

Мастер балочного пролетного строения (ПС) предназначен для автоматизированного создания расчетной модели балочного пролетного строения с заданными геометрическими параметрами, поперечным объединением балок, продольными связями, армированием и нагрузками. Для создания балочного ПС необходимо воспользоваться вкладкой ленты Модель и на панели Конструкции выбрать Балочное ПС (см. Рисунок 3.4, Рисунок 3.5, Рисунок 3.6).

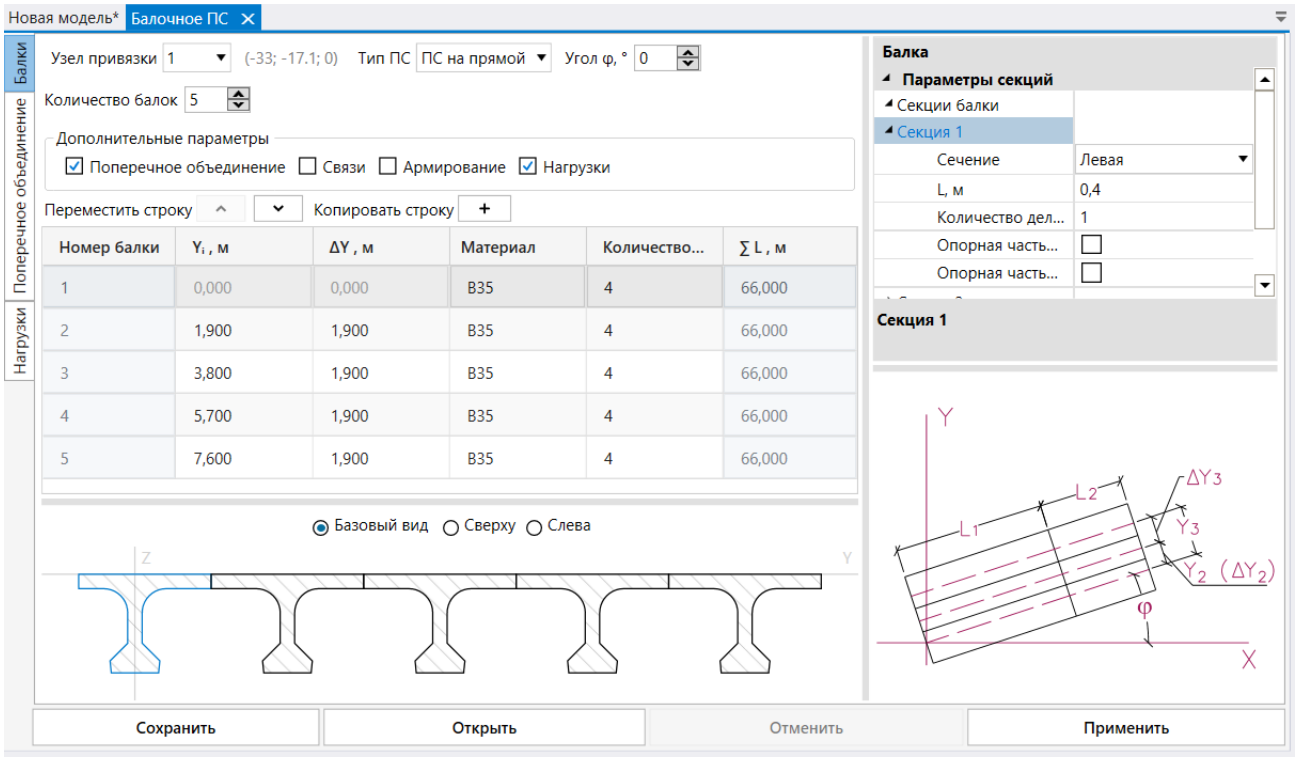


Рисунок 3.4 – Общий вид формы мастера создания балочного ПС

Окно мастера балочного пролетного строения состоит из пяти вкладок:

- Балки – настройка параметров главных балок;
- Поперечное объединение – настройка параметров поперечного объединения балок;
- Связи – настройка продольных связей между балками;
- Армирование – задание армирования для железобетонных балок;
- Нагрузки – задание нагрузок на балки;
- Проезды – расположение подвижной нагрузки на пролетном строении.

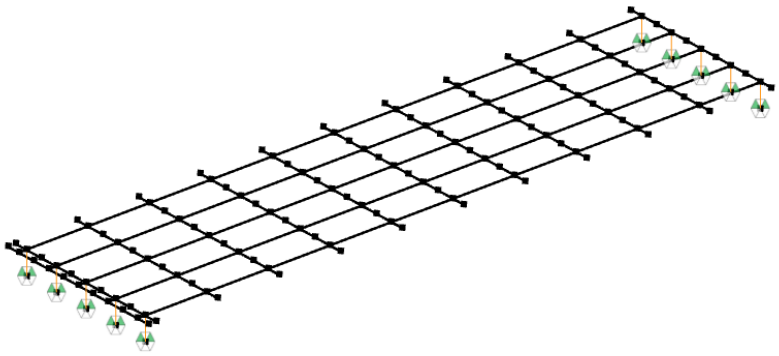


Рисунок 3.5 – Расчетная модель пролетного строения, созданная с помощью мастера создания конструкций в стержнях

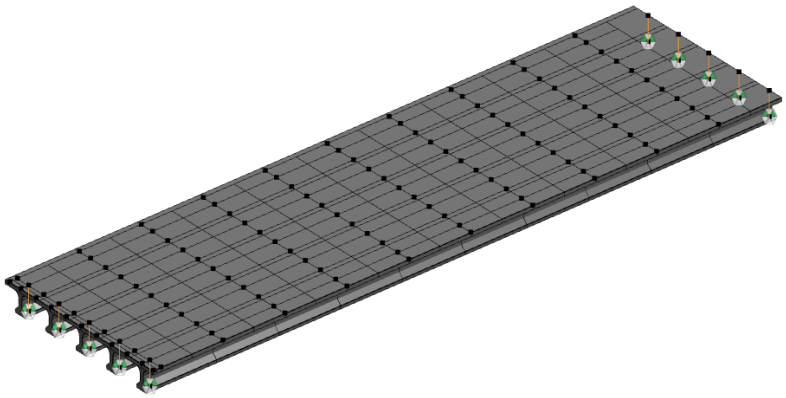


Рисунок 3.6 – Расчетная модель пролетного строения, созданная с помощью мастера создания конструкций в объемном виде

3.2.1 Вкладка «Балки»

Вкладка «Балки» предназначена для создания главных балок и учитывает их поперечное сечение, материал и наличие опорных закреплений по длине. В ПАРИС предусмотрены следующие параметры описания балок:

- **Узел привязки**. Для однозначного определения планово-высотного положения конструкции необходимо заранее создать узел, который будет являться началом оси первой балки. При отсутствии узла привязки началом оси первой балки будет узел с координатами (0,0,0).
- **Тип ПС**. Тип расположения пролетного строения для однозначного описания расширенных параметров. Доступны следующие типы:

  - ПС на прямой;

  - ПС с косиной;

  - ПС на кривой.

- **Угол φ,°**. По умолчанию все главные балки ориентированы вдоль глобальной оси *X*. Если пользователю необходимо, чтобы созданная конструкция имела разворот относительно глобальной оси *Z*, то необходимо задать данный параметр отличный от нуля. Положительное направление угла поворота от положительного направления оси X в сторону положительного направления оси Y.
- **Количество балок**. Число главных балок, отличающихся между собой плановым положением. Число балок не ограничено.

- **Косина α,°**. Значением косины является угол между продольной осью пролетного строения и осью опоры. Если угол пересечения равен 90°, то пересечение прямое, а косина соответственно равна «0». Параметр доступен при типе ПС «*ПС с косиной*».
- **Радиус R**. Радиус кривизны оси пролетного строения. Параметр доступен при типе ПС «*ПС в кривой*».

Главная балка имеет следующие расширенные параметры:

- Y_i – расстояние от оси выбранной балки до оси первой балки.
- ΔY_i – расстояние от оси выбранной балки до оси предыдущей балки.
- Материал – свойство, доступное из перечня ранее созданных материалов (см. раздел 2.7.1).
- Количество секций балки – число отдельных секций по длине главной балки. Для типа ПС «ПС с косиной» возможно задать только одну секцию.

Каждая секция имеет следующие параметры:

- Сечение – свойство, доступное из перечня ранее созданных сечений (см. разделы 2.7.4 - 2.7.6).
- L – полная длина секции. Сумма длин всех секций составляет длину главной балки.
- Количество делений – число балочных элементов, которые будут созданы вдоль главной балки. Рекомендуется устанавливать число делений не менее 10. Если указан тип «*ПС с косиной*», то число делений указывается на участке вдоль оси X, в который входят все главные балки.
- Опорная часть в начале (конце) – признак наличия опорного закрепления в начале или конце секции. Опорное закрепление создается в точке, ниже концевого узла секции по оси Z на величину, равному разности между точкой смещения центра выбранного сечения до низа сечения.

3.2.2 Вкладка «Поперечное объединение»

Вкладка «Поперечное объединение» предназначена для настройки способа поперечного объединения главных балок пролетного строения.

В ПАРИС поддерживается пять типов поперечного объединения:

Тип объединения «по плите»

Объединение балок посредством железобетонной плиты (см. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**). При выборе данного типа необходимо задать:

- **Материал** – материал плиты из списка доступных материалов (обязательно);
- **H** – толщина плиты в активных единицах измерения (обязательно);
- **K1** – вылет левой консоли плиты за край первой балки;
- **K2** – вылет правой консоли плиты за край последней балки;
- **B** – общая ширина пролетного строения, вычисляется автоматически как сумма шагов балок и консолей.

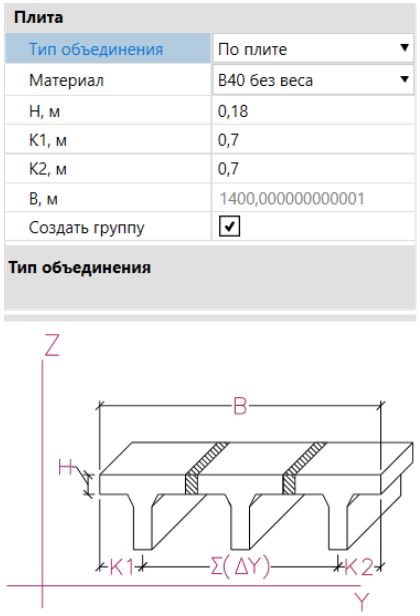


Рисунок 3.7 – Вкладка Поперечное объединение «по плите»

Тип объединения «по поперечной балке»

Объединение балок посредством поперечных балок (см. Рисунок 3.8). При выборе данного типа необходимо задать:

- **Материал** – материал поперечных балок из списка доступных материалов;
- **Сечение** – сечение поперечных балок из списка доступных сечений;
- **Число панелей** – количество панелей поперечных балок вдоль пролета;
- **Длины панелей** – таблица с длинами каждой панели в активных единицах измерения;

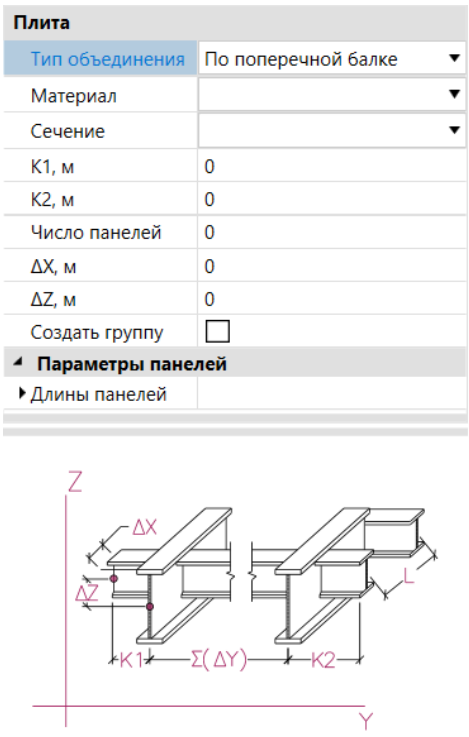


Рисунок 3.8 – Вкладка Поперечное объединение «по поперечной балке»

- **K1** – вылет левой консоли поперечной балки за край первой главной балки;
- **K2** – вылет правой консоли поперечной балки за край последней главной балки;
- **ΔX** – расстояние от начала пролета до первой поперечной балки;
- **ΔZ** – вертикальное смещение поперечных балок относительно главных балок;
- **Создать группу** – флажок для создания группы элементов из поперечных балок.

Тип объединения «по шпонкам»

Объединение балок посредством шпонок (шарнирное соединение) (см. Рисунок 3.9). При выборе данного типа необходимо задать:

- **Материал** – материал плиты из списка доступных материалов;
- **H** – толщина плиты;
- **K1** – вылет левой консоли плиты за край первой балки;
- **K2** – вылет правой консоли плиты за край последней балки.

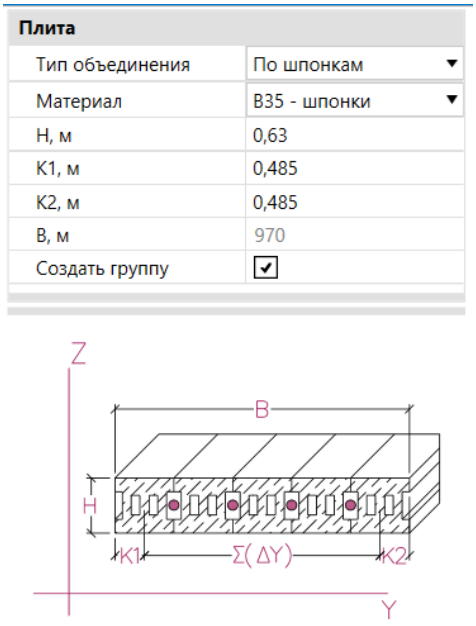


Рисунок 3.9 – Вкладка Поперечное объединение «по шпонкам»

При объединении по шпонкам на узлах плиты устанавливаются шарнирные связи, препятствующие передаче изгибающих моментов между балками.

Тип объединения «по диафрагмам»

Объединение балок посредством диафрагм (жестких поперечных элементов) (см. Рисунок 3.10). При выборе данного типа необходимо задать:

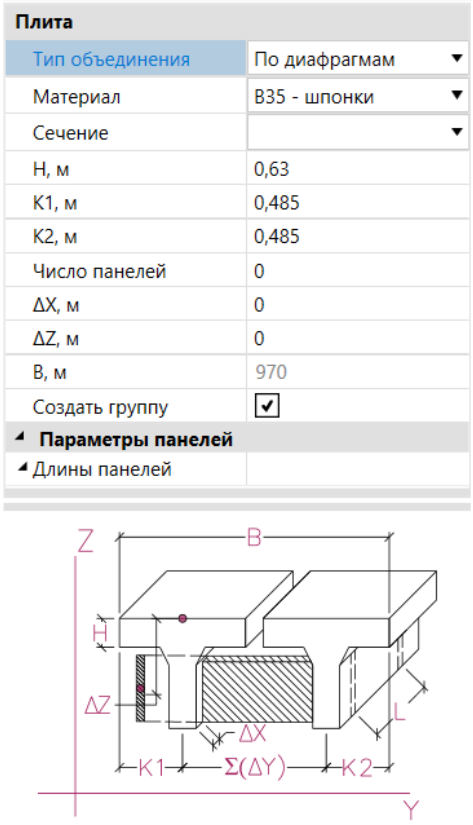


Рисунок 3.10 – Вкладка Поперечное объединение «по диафрагмам»

- **Материал** – материал диафрагм из списка доступных материалов;
- **Сечение** – сечение диафрагм из списка доступных сечений;
- **Число панелей** – количество панелей диафрагм вдоль пролета;
- **Длины панелей** – таблица с длинами каждой панели;
- **ΔX** – расстояние от начала пролета до первой диафрагмы;
- **ΔZ** – вертикальное смещение диафрагм относительно главных балок;
- **Создать группу** – флажок для создания группы элементов из диафрагм.

Тип объединения «по плите и диафрагмам»

Комбинированное объединение балок посредством плиты и диафрагм (см. Рисунок 3.11). При выборе данного типа необходимо задать:

- **Материал** – материал плиты и диафрагм из списка доступных материалов;
- **H** – толщина плиты;
- **Сечение** – сечение диафрагм из списка доступных сечений;
- **K1** – вылет левой консоли плиты за край первой балки;

- **K2** – вылет правой консоли за край последней балки;
- **Число панелей** – количество панелей диафрагм вдоль пролета;
- **Длины панелей** – таблица с длинами каждой панели;
- **ΔX** – расстояние от начала пролета до первой диафрагмы;
- **ΔZ** – вертикальное смещение диафрагм относительно главных балок;
- **Создать группу** – флажок для создания двух групп элементов из диафрагм и поперечных балок.

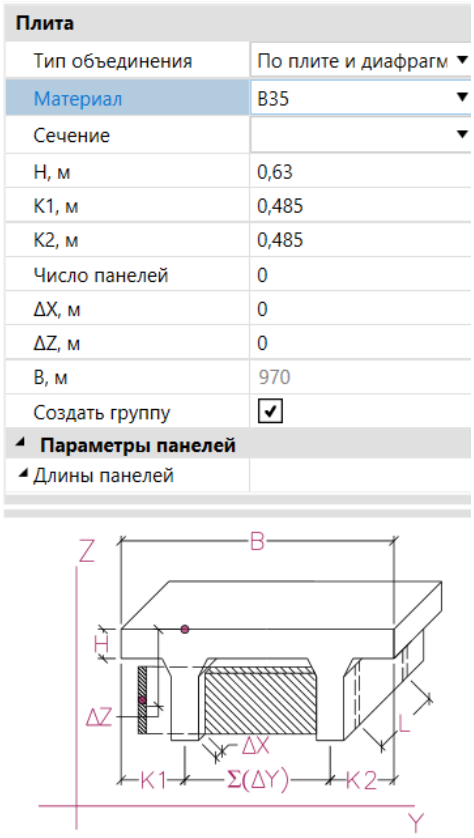


Рисунок 3.11 – Вкладка Поперечное объединение «по плите и диафрагмам»

3.2.3 Вкладка «Связи»:

Вкладка «Связи» предназначена для настройки продольных связей между главными балками (см. Рисунок 3.12). Продольные связи обеспечивают пространственную жесткость пролетного строения и передачу поперечных нагрузок между балками.

Для активации вкладки «Связи» установите флажок «Связи» в группе «Дополнительные свойства» на вкладке «Балки». Вкладка станет доступной только при наличии двух и более главных балок.

На вкладке «Связи» доступны следующие параметры:

- **Материал** – материал элементов связей из списка доступных материалов;
- **Количество связей** – количество связей вдоль и поперек пролета (определяется количеством балок и уровней связей);
- **Тип связи** – тип схемы продольных связей:
  - *Крестовая* – связи образуют крестообразную схему между балками;
  - *Раскосная* – связи образуют раскосную схему (ферменную);
  - *Полураскосная* – связи образуют полураскосную схему;

- *Раскосная без поперечин* – связи образуют раскосную схему без поперечных элементов.

Для каждой связи можно задать:

- *Длина панели левой балки (A_i)* – длина панели на левой балке, соответствующая данной связи;
- *Длина панели правой балки (C_i)* – длина панели на правой балке, соответствующая данной связи.

Связи создаются между соседними главными балками. Для изменения порядка связей используйте кнопки «Вверх» и «Вниз». Для копирования связи используйте кнопку «Копировать».

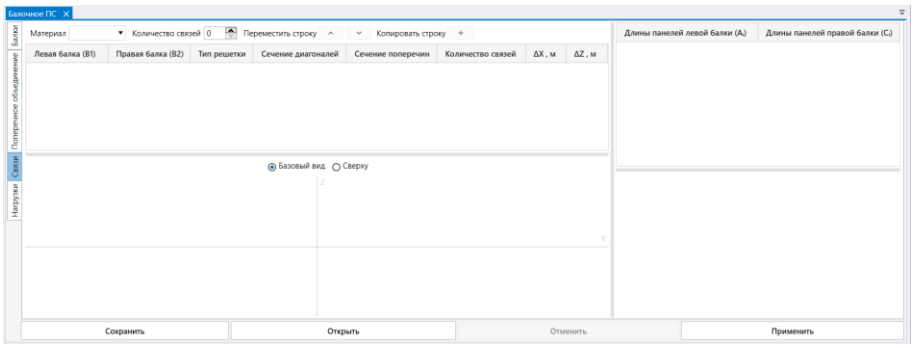


Рисунок 3.12 – Вкладка «Связи»

3.2.4 Вкладка «Армирование»

Вкладка «Армирование» предназначена для задания армирования железобетонных главных балок (см. Рисунок 3.13). Для активации вкладки «Армирование» установите флажок «Армирование» в группе «Дополнительные свойства» на вкладке «Балки».

На вкладке «Армирование» отображается таблица с главными балками. Для каждой балки можно задать:

- **Количество продольного армирования** – количество групп продольной арматуры для данной балки;
- **Количество поперечного армирования** – количество групп поперечной арматуры для данной балки;
- **∑L** – общая длина балки, вычисляется автоматически.

При выборе балки в правой части окна отображаются параметры арматурных групп. Параметры аналогичны параметрам продольного и поперечного армирования из вкладки ленты Свойства (см. раздел 2.7.10).

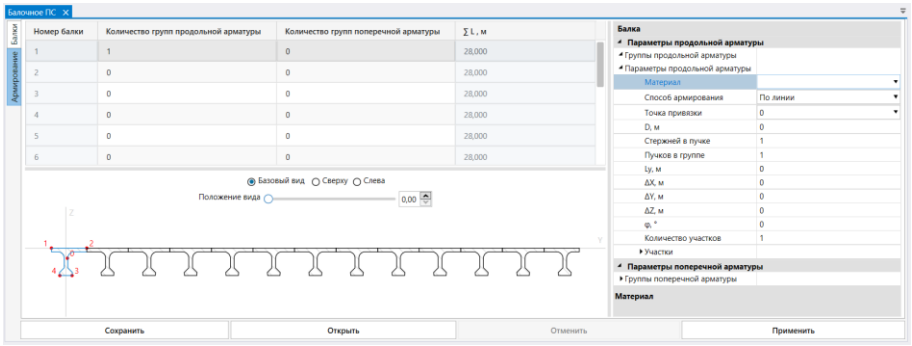


Рисунок 3.13 – Вкладка «Армирование»

3.2.5 Вкладка «Нагрузки»

Вкладка «Нагрузки» предназначена для задания распределенных нагрузок на главные балки пролетного строения (см. Рисунок 3.14). Для активации вкладки «Нагрузки» установите флажок «Нагрузки» в группе «Дополнительные свойства» на вкладке «Балки».

На вкладке «Нагрузки» доступны две таблицы:

- **Таблица нагрузок (левая часть)** – для задания распределенных нагрузок на балки;
- **Таблица распределенного веса (правая часть)** – для задания распределенных нагрузок через вес.

В таблице нагрузок для каждой нагрузки необходимо задать:

- *Вариант загружения* – вариант загружения из списка доступных вариантов загружения;
- *Интенсивность* – интенсивность распределенной нагрузки;
- *Балка* – номер главной балки, на которую прикладывается нагрузка;
- *Отступ* – расстояние от оси балки до линии приложения нагрузки.

Нагрузки прикладываются вдоль всей длины выбранной балки в направлении действия силы тяжести.

В таблице распределенного веса для каждого элемента необходимо задать:

- *Вариант загружения* – вариант загружения из списка доступных вариантов загружения;

- *Удельный вес* – удельный вес материала;
- *Толщина* – толщина слоя.

Для добавления новой нагрузки от распределенного веса нажмите кнопку «Добавить». Для удаления любого типа нагрузки выберите строку и нажмите клавишу Delete или используйте контекстное меню.

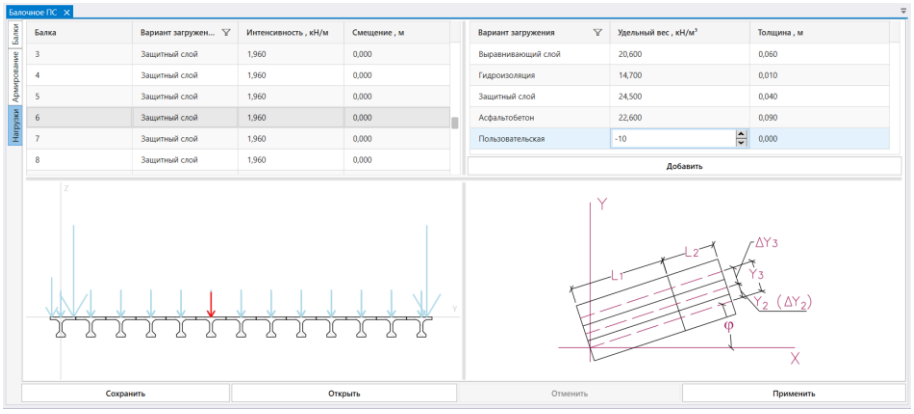


Рисунок 3.14 – Вкладка «Связи»

3.2.6 Создание модели

После настройки всех параметров нажмите кнопку «Применить» для создания расчетной модели балочного ПС. Программа автоматически создаст:

- Главные балки с заданными параметрами;
- Плиту и / или поперечные балки/диафрагмы (в зависимости от выбранного типа объединения);
- Продольные связи между балками (если заданы);
- Армирование для железобетонных балок (если задано);
- Нагрузки на элементы (если заданы);
- Варианты загружения подвижной нагрузкой (если заданы).

Все созданные элементы будут добавлены в расчетную модель и могут быть отредактированы стандартными средствами программы. Для удаления сгенерированной конструкции воспользуйтесь командой «Отмена» в окне мастера.

3.3 Открытый API

В ПАРИС реализован полноценный API редактор для управления моделированием и расчетом модели с поддержкой языков C# и Python. Редактор скриптов имеет удобный интерфейс, подсветку синтаксиса, поддержку

стандартных операций языков программирования, функцию сравнения файлов скриптов и режим отладки (см. Рисунок 3.15).

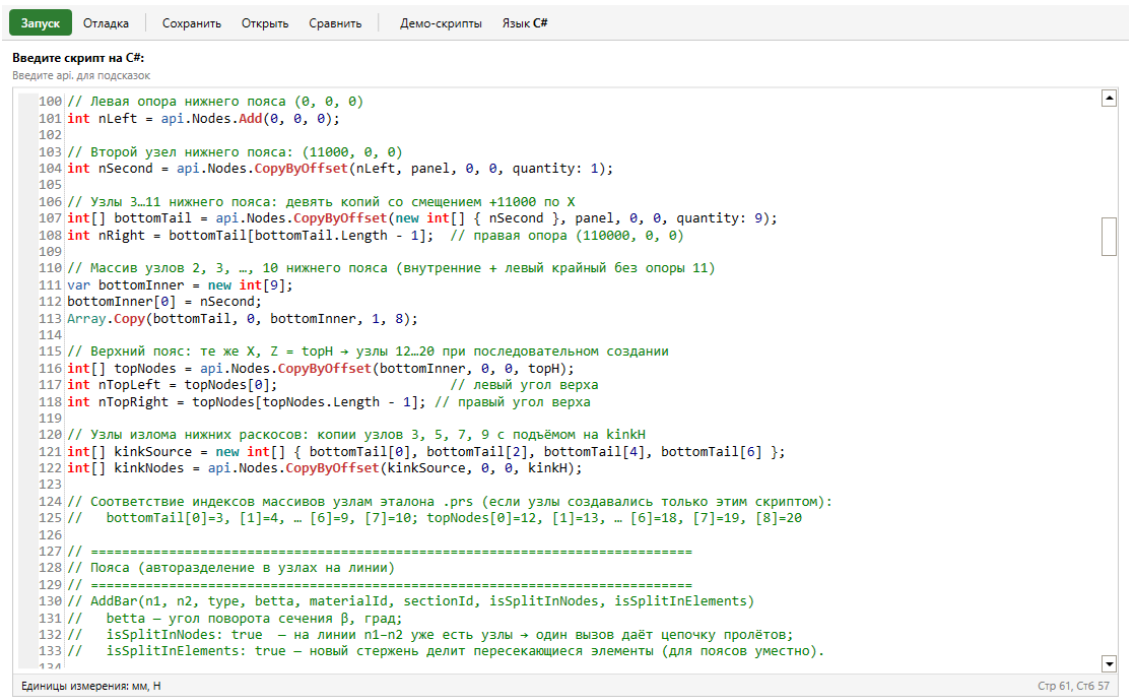


Рисунок 3.15 – Редактор API

API имеет поддержку всех команд по работе с моделью, реализованных в пользовательском интерфейсе (создание и редактирование узлов, элементов, граничных условий, статических и подвижных нагрузок, сохранение и открытие модели). Через API можно запускать модель на расчет, получать и экспортировать результаты. Более подробную справку по командам API можно получить в отдельном руководстве на странице: https://paris-app.ru/download/.

Режим отладки позволяет последовательно исполнять команды, следить за изменениями в модели, ставить точки останова, просматривать текущее значение переменных.

Доступные горячие клавиши для API:

- F5 – запустить скрипт;
- F9 – включить или выключить точку останова;
- F10 – выполнить шаг;
- Shift+F5 – остановить отладку;
- Ctrl+F10 –выполнить до текущей позиции.

4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

После выполнения расчета пользователю станет доступна вкладка ленты Результаты (см. Рисунок 4.1).

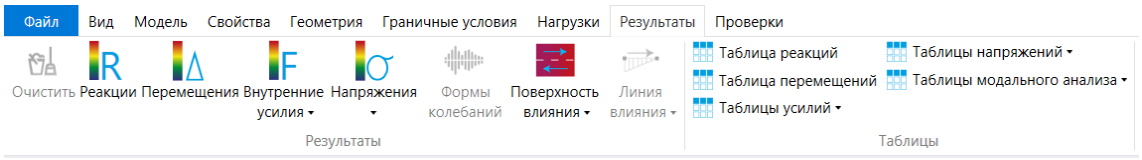


Рисунок 4.1 – Вкладка ленты Результаты

4.1 Визуализация результатов расчета

Чтобы посмотреть полученные результаты расчета для узлов и элементов, нужно на вкладке Результаты воспользоваться соответствующими командами:



отобразить значения реакций в узлах, в которых установлены опоры ил одноузловые связи;



отобразить значения перемещений / поворотов узлов;



отобразить значения внутренних усилий в элементах;



отобразить значения напряжений в элементах;



отобразить значения перемещений узлов для форм колебаний;



отобразить поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства на поверхности влияния, используемые при расчете перемещений / усилий от загружения временной нагрузкой;



отобразить линию влияния и экстремальное положение транспортного средства на линии влияния, используемые при расчете перемещений / усилий от загружения временной нагрузкой;



очистить окно визуализации от результатов расчета.

4.1.1 Результаты по реакциям

Для отображения составляющей реактивного усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Реакции. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать реакции» (см. Рисунок 4.2).

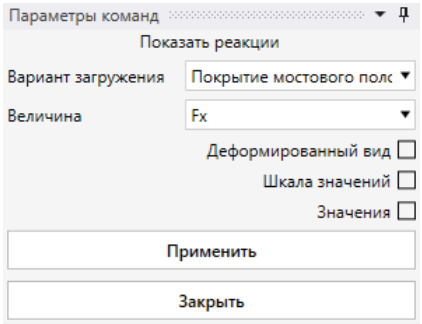


Рисунок 4.2 – Команда «Показать реакции»

Для выбора доступны реактивные силы (Fx, Fy, Fz) и реактивные моменты (Mx, My, Mz). Fxyz – результирующий вектор реактивных сил, Mxyz – результирующий вектор реактивных моментов. Обозначения осей при соответствующем усилии даны в глобальной системе координат.

При активации свойства «Деформированный вид» реактивные силы / моменты будут отображаться на деформированной от соответствующего загружения модели.

При активации свойства «Значение» возле каждой опоры / одноузловой связи будут отображаться текстовые значения величины реактивной силы / момента.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины.

4.1.2 Результаты по узлам

Для отображения перемещения узла от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Перемещения. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать перемещения» (см. Рисунок 4.3)

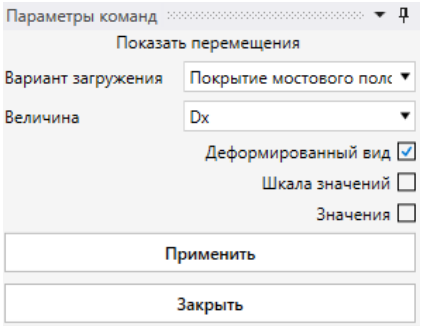


Рисунок 4.3 – Команда «Показать перемещения»

Для выбора доступны линейные перемещения (Dx, Dy, Dz, Dxyz) и угловые перемещения (Rx, Ry, Rz). Dxyz – результирующий вектор перемещения узла в пространстве. Обозначения осей при соответствующем перемещении даны в глобальной системе координат.

При активации свойства «Деформированный вид» линейные / угловые перемещения будут отображаться на деформированной от соответствующего загружения модели.

При активации свойства «Значение» возле каждого узла будут отображаться текстовые значения величины линейного / углового перемещения.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, все узлы и элементы модели окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

4.1.3 Результаты по стержневым элементам. Внутренние усилия

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Внутренние усилия – Усилия в стержнях. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать усилия в стержнях» (см. Рисунок 4.4)

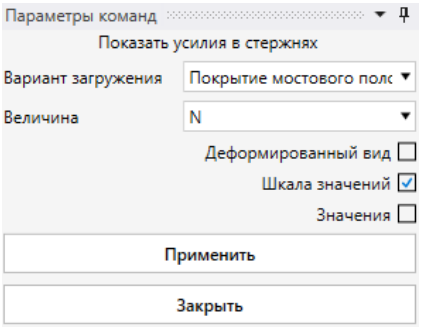


Рисунок 4.4 – Команда «Показать усилия в стержнях»

Для выбора доступны:

N – продольное усилие вдоль оси x элемента;

Qy – усилие сдвига по локальной оси y элемента;

Qz – усилие сдвига по локальной оси z элемента;

Mt – крутящий момент вокруг локальной оси элемента x;

My – изгибающий момент вокруг локальной оси y элемента;

Mz – изгибающий момент вокруг локальной оси z элемента.

Для каждого элемента будет отображаться максимальное усилия из значений в i-ом и j-ом узлах.

При активации свойства «Деформированный вид» внутренние усилия будут отображаться на деформированной от соответствующего загружения модели.

При активации свойства «Значение» возле каждого стержневого элемента будут отображаться текстовые значения величины внутреннего усилия.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, все узлы и элементы модели окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

4.1.4 Результаты по стержневым элементам. Напряжения

Для отображения составляющей напряжения от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Напряжения – Напряжения в стержнях. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать напряжения в стержнях» (см. Рисунок 4.5).

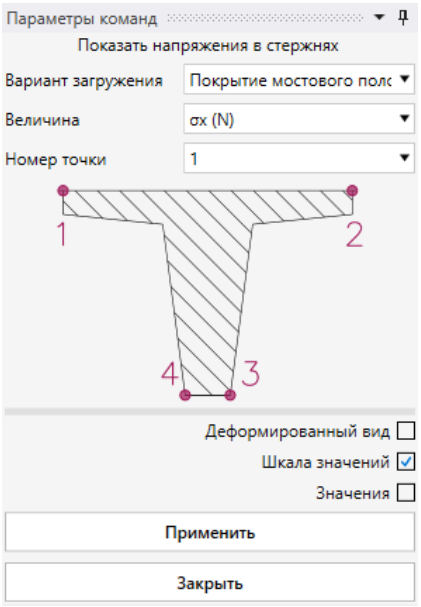


Рисунок 4.5 – Команда «Показать напряжения в стержнях»

Для выбора доступны:

σx (N) - нормальные напряжения по локальной оси x, вызванные действием только продольной силы Fx;

σx (My) - нормальные напряжения по локальной оси x, вызванные действием только изгибающего момента My вокруг локальной оси y;

σx (Mz) - нормальные напряжения по локальной оси x, вызванные действием только изгибающего момента Mz вокруг локальной оси z;

τy - касательные напряжения по локальной оси y, вызванные действием только поперечной силы Qy;

τz - касательные напряжения по локальной оси z, вызванные действием только поперечной силы Qz;

σx Σ - нормальные напряжения по локальной оси x, вызванные суммарным действием продольной силы N и изгибающих моментов My и Mz

σx Σ = σx (N) + σx (My) + σx (Mz).

Для каждого элемента будет отображаться максимальное напряжение из значений в i-ом и j-ом узлах. Номер точки показывает положение отображаемого напряжения в поперечном сечении элемента. Положение доступных точек показано на рисунке в окне Параметров команд.

При активации свойства «Деформированный вид» внутренние усилия будут отображаться на деформированной от соответствующего загружения модели. При активации свойства «Значение» возле каждого стержневого элемента будут отображаться текстовые значения величины внутреннего усилия.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, все узлы и элементы модели окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

4.1.5 Результаты по стержневым элементам. Эпюры внутренних усилий

Для отображения эпюры составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Внутренние усилия – Эпюры усилий в стержнях. Откроется окно Параметров команд с

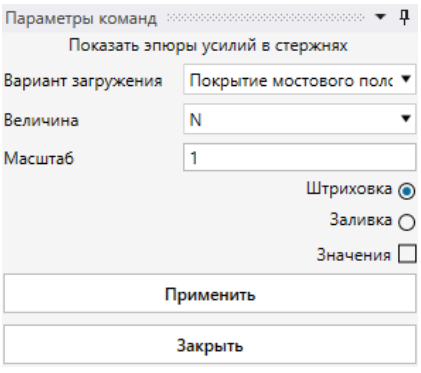


Рисунок 4.6 – Команда «Показать эпюры усилий в стержнях»

названием «Показать эпюры усилий в стержнях» (см. Рисунок 4.6). Для выбора доступны:

N – продольное усилие вдоль оси x элемента;

Qy – усилие сдвига по локальной оси y элемента;

Qz – усилие сдвига по локальной оси z элемента;

Mt – крутящий момент вокруг локальной оси элемента x;

My – изгибающий момент вокруг локальной оси y элемента;

Mz – изгибающий момент вокруг локальной оси z элемента.

Для каждого элемента будет отображаться максимальное усилие из значений в i-ом и j-ом узлах. С правой стороны окна визуализации появится шкала, на которой будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины.

При активации свойства «Значение» возле каждого стержневого элемента будут отображаться текстовые значения величины внутреннего усилия. Внутреннее заполнение эпюр возможно в виде «Штриховки» или «Заливки». Все ординаты окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

При необходимости изменить масштаб ординат эпюр внутренних усилий необходимо ввести новое значение в поле «Масштаб» и активировать команду «Применить».

4.1.6 Результаты по стержневым элементам. Эпюры напряжений

Для отображения эпюры составляющей напряжения от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Напряжения – Эпюры напряжений в стержнях. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать эпюры напряжений в стержнях» (см. Рисунок 4.7).

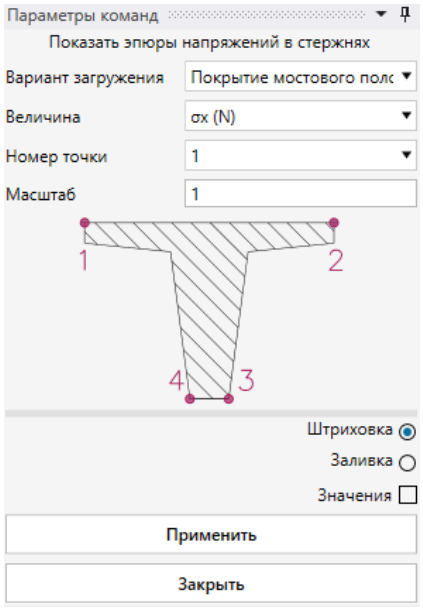


Рисунок 4.7 – Команда «Показать эпюры напряжений в стержнях»

Для выбора доступны:

σx (N) - нормальные напряжения по локальной оси x, вызванные действием только продольной силы N;

σx (My) - нормальные напряжения по локальной оси x, вызванные действием только изгибающего момента My вокруг локальной оси y;

σx (Mz) - нормальные напряжения по локальной оси x, вызванные действием только изгибающего момента Mz вокруг локальной оси z;

τy - касательные напряжения по локальной оси y, вызванные действием только поперечной силы Qy;

τz - касательные напряжения по локальной оси z, вызванные действием только поперечной силы Qz;

σx Σ - нормальные напряжения по локальной оси x, вызванные суммарным действием продольной силы N и изгибающих моментов My и Mz

σx Σ = σx (N) + σx (My) + σx (Mz).

Для каждого элемента будет отображаться максимальное напряжение из значений в i-ом и j-ом узлах. С правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины.

Номер точки показывает положение отображаемого напряжения в поперечном сечении элемента. Положение доступных точек показано на рисунке в окне Параметров команд.

При активации свойства «Значение» возле каждого стержневого элемента будут отображаться текстовые значения величины напряжения. Внутреннее заполнение эпюр возможно в виде «Штриховки» или «Заливки». Все ординаты окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

При необходимости изменить масштаб ординат эпюр внутренних усилий необходимо ввести новое значение в поле «Масштаб» и активировать команду «Применить».

4.1.7 Результаты по плитным элементам. Узловые внутренние усилия

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Внутренние усилия – Усилия в плитах. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать усилия в плитах» (см. Рисунок 4.8)

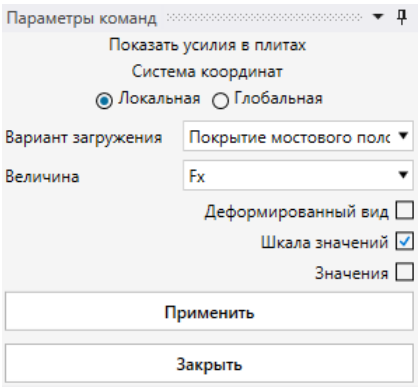


Рисунок 4.8 – Команда «Показать усилия в плитах»

Для выбора доступны:

Локальная система координат (ЛСК)

Fx – внутреннее усилие в элементе по локальной оси x элемента;

Fy – внутреннее усилие в элементе по локальной оси y элемента;

Fz – внутреннее усилие в элементе по локальной оси z элемента;

Mx – изгибающий момент вокруг локальной оси x элемента;

My – изгибающий момент вокруг локальной оси y элемента;

Mz – изгибающий момент вокруг локальной оси z элемента;

Глобальная система координат (ГСК)

Fx – внутреннее усилие в элементе по оси X ГСК;

Fy – внутреннее усилие в элементе по оси Y ГСК;

Fz – внутреннее усилие в элементе по оси Z ГСК;

Mx – изгибающий момент вокруг оси X ГСК;

My – изгибающий момент вокруг оси Y ГСК;

Mz – изгибающий момент вокруг оси Z ГСК;

Для каждого элемента будет отображаться максимальное усилие из значений в i-ом, j-ом, k-ом, m-ом узлах и центре элемента.

При активации свойства «Деформированный вид» внутренние усилия будут отображаться на деформированной от соответствующего загружения модели.

При активации свойства «Значение» возле каждого стержневого элемента будут отображаться текстовые значения величины внутреннего усилия.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, все узлы и элементы модели окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

4.1.8 Результаты по плитным элементам. Погонные внутренние усилия

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Внутренние усилия – Усилия в плитах (на длину). Откроется окно Параметров команд с названием «Показать усилия в плитах (на длину)» (см. Рисунок 4.9)

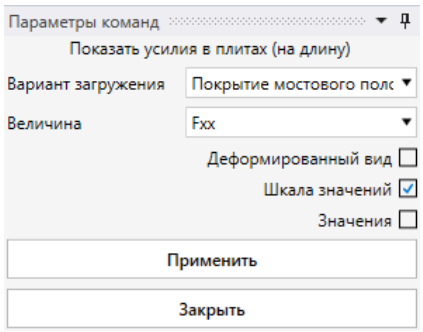


Рисунок 4.9 – Команда «Показать усилия в плитах (на длину)»

Для выбора доступны:

Fxx – продольное усилие на единицу ширины вдоль оси x локальной системы координат элемента;

Fyy – продольное усилие на единицу ширины вдоль оси y локальной системы координат элемента;

Fxy – усилие сдвига на единицу ширины элемента в плоскости x-y локальной системы координат элемента (сдвиг в плоскости);

Mxx – изгибающий момент на единицу ширины вокруг оси y локальной системы координат элемента;

Myy – изгибающий момент на единицу ширины вокруг оси x локальной системы координат элемента;

Mxy – крутящий момент на единицу ширины вокруг плоскости x-y локальной системы координат элемента;

Vxx – усилие сдвига на единицу ширины в плоскости y-z локальной системы координат элемента;

Vyy – усилие сдвига на единицу ширины в плоскости x-z локальной системы координат элемента;

Для каждого элемента будет отображаться максимальное усилие из значений в i-ом, j-ом, k-ом, m-ом узлах и центре элемента.

При активации свойства «Деформированный вид» внутренние усилия будут отображаться на деформированной от соответствующего загружения модели.

При активации свойства «Значение» возле каждого стержневого элемента будут отображаться текстовые значения величины внутреннего усилия.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, все узлы и элементы модели окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

4.1.9 Результаты по плитным элементам. Напряжения

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Напряжения – Напряжения в плитах. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать напряжения в плитах» (см. Рисунок 4.10)

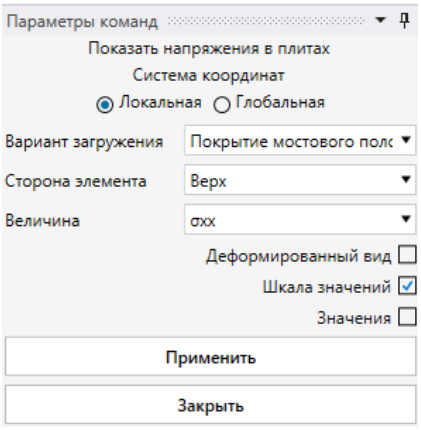


Рисунок 4.10 – Команда «Показать напряжения в плитах»

Для выбора доступны:

Локальная система координат (ЛСК)

σxx – нормальные напряжения по локальной оси x элемента;

σyy – нормальные напряжения по локальной оси y элемента;

σxy – касательные напряжения в локальной плоскости x-y элемента.

Глобальная система координат (ГСК)

σxx – нормальные напряжения по оси X ГСК;

σyy – нормальные напряжения по оси Y ГСК;

σzz – нормальные напряжения по оси Z ГСК;

σxy – касательные напряжения в локальной плоскости X-Y ГСК;

σyz – касательные напряжения в локальной плоскости Y-Z ГСК;

σxz – касательные напряжения в локальной плоскости X-Z ГСК.

Для каждой компоненты напряжения доступен выбор верхней или нижней фибры плитного элемента по направлению оси Z соответствующей системы координат.

Для каждого элемента будет отображаться максимальное усилие из значений в i-ом, j-ом, k-ом, m-ом узлах и центре элемента.

При активации свойства «Деформированный вид» внутренние усилия будут отображаться на деформированной от соответствующего загружения модели.

При активации свойства «Значение» возле каждого стержневого элемента будут отображаться текстовые значения величины внутреннего усилия.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, все узлы и элементы модели окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

4.1.10 Результаты форм колебаний

Для отображения форм колебаний необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Формы колебаний. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать формы колебаний» (см. Рисунок 4.11)

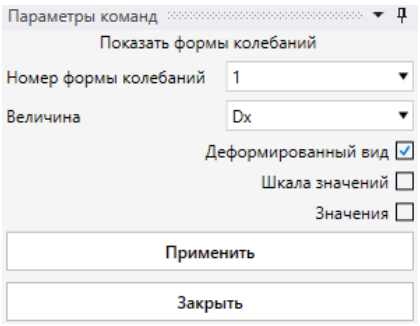


Рисунок 4.11 – Команда «Показать формы колебаний»

Для выбора доступны линейные перемещения (Dx, Dy, Dz, Dxyz). Dxyz – результирующий вектор перемещения узла в пространстве. Обозначения осей при соответствующем перемещении даны в глобальной системе координат.

При активации свойства «Деформированный вид» линейные перемещения будут отображаться на деформированной при соответствующей форме колебаний модели.

При активации свойства «Значение» возле каждого узла будут отображаться текстовые значения величины линейного перемещения.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, все узлы и элементы модели окрасятся в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

4.1.11 Табличный просмотр результатов

Для табличного просмотра результатов необходимо воспользоваться вкладкой Результаты и далее командами Таблица реакций / Таблица перемещений / Таблица усилий в стержнях / Таблица соответствующих усилий в стержнях /

Таблица усилий в плитах / Таблица усилий в плитах (на длину) / Таблица напряжений в стержнях / Таблица локальных напряжений в плитах / Таблица глобальных напряжений в плитах.

Все таблицы доступны только для просмотра. Если пользователем будут выбраны отдельные узлы или элементы перед нажатием кнопки Таблица, то в таблицах будут отображены результаты только по выбранным элементам расчетной модели.

Описание параметров, отображаемых в таблице результатов, совпадают с описание визуального отображения соответствующих результатов (см. разделы 4.1.1 – 4.1.9).

4.2 Визуализация подвижной нагрузки

Чтобы посмотреть линию / поверхность влияния перемещения / внутреннего усилия / напряжения в интересующем узле / элементе необходимо на вкладке Результаты воспользоваться командой Линия / Поверхность влияния и в выпадающем выбрать соответствующую команду:



отобразить линию / поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства на поверхности влияния, используемые при расчете реактивных усилий в узлах, в которых установлены опоры ил одноузловые связи;



отобразить линию / поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства на поверхности влияния, используемые при расчете перемещений / поворотов узлов;



отобразить линию / поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства на поверхности влияния, используемые при расчете внутренних усилий в элементах;



отобразить линию / поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства на поверхности влияния, используемые при расчете напряжений в элементах.

Подвижная нагрузка на линии и поверхности влияния в ее экстремальном положении может быть приведена к статическому загружению с помощью команды «Привести к статической». При расположении нагрузки на группе связей Буссинеска она приводится к узловым с учетом распределения через тело насыпи. Такое распределение может быть вычислено двумя способами: по СП 35.13330.2011 и по СП 268.1325800.2016 для ее дальнейшего использования при расчете сейсмической нагрузки. Выбор способа (нормативного документа) для приведения подвижной нагрузки через связи Буссинеска изменяется в разделе «Параметры расчета» окна настроек (см. Раздел 1.8.3). Там же указывается сейсмичность района, которая будет по умолчанию выбираться при задании сейсмических нагрузок (см. Раздел 2.12).

Линия и поверхность влияния может быть сохранена в формате *.csv При помощи команды «Сохранить». Линии влияния сохраняются в виде двух столбцов: первый столбец содержит расстояние от каждого узла до первого узла линии влияния, второй – значение ординат линии влияния. Поверхность влияния – в виде трех столбцов: первый и второй столбцы содержат координаты каждого узла поверхности влияния X и Y, третий – значение ординат поверхности влияния.

Флажок «Линия влияния» или «Поверхность влияния» позволяет отобразить соответственно линию или поверхность влияния для выбранного узла или элемента от силового фактора. Флажок «Подвижные нагрузки» позволяет отобразить экстремальное положение подвижной нагрузки на выбранной линии или поверхности влияния и величину усилия от подвижной нагрузки в экстремальном положении.

Изменение масштаба ординат линии или поверхности влияния доступно с помощью поля «Масштаб». При активации свойства «Значение» возле каждого узла линии или поверхности влияния будут отображаться текстовые значения

величины ординаты. При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на который будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины.

Изображение линии влияния можно настроить, выбрав ее представление в виде заштрихованной или заполненной градиентом поверхности. Поверхность влияния можно отобразить в объеме или в плоскости поверхности движения. За вид поверхности влияния отвечает флажок «3D вид». Свойство «3D вид» при отображении положения подвижной нагрузки автоматически отключается.

4.2.1 Линия влияния реакций. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Линия влияния → Реакции. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать линию влияния реакций» (см. Рисунок 4.12).

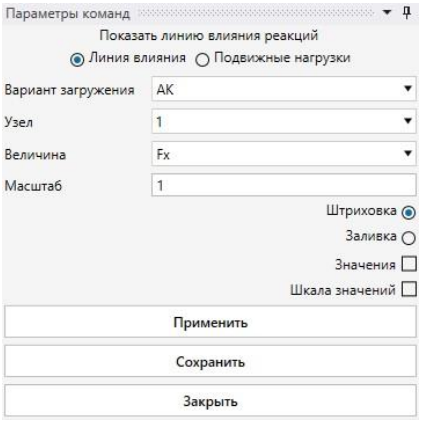


Рисунок 4.12 – Команда «Показать линию влияния реакций»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить линию влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки.

Узел – узел, для которого требуется отобразить линию влияния реактивного усилия / экстремальное положение подвижной нагрузки на поверхности влияния реактивного усилия.

Величина – компонента усилий в узле (см. Раздел 4.1.1).

4.2.2 Поверхность влияния реакций. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния → Реакции. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать поверхность влияния реакций» (см. Рисунок 4.13).

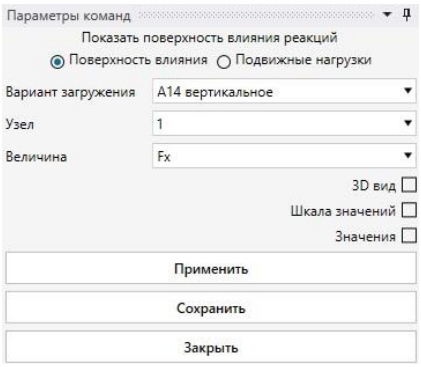


Рисунок 4.13 – Команда «Показать поверхность влияния реакций»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить поверхность влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки.

Узел – узел, для которого требуется отобразить поверхность влияния реактивного усилия / экстремальное положение подвижной нагрузки на поверхности влияния реактивного усилия.

Величина – компонента усилий в узле (см. Раздел 4.1.1).

4.2.3 Линия влияния перемещений. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Линия влияния → Перемещения. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать линию влияния перемещений» (см. Рисунок 4.14).

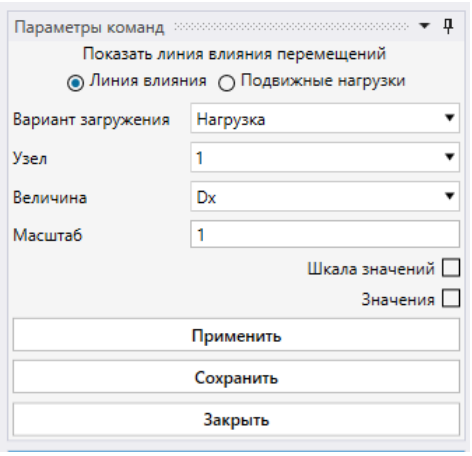


Рисунок 4.14 – Команда «Показать линию влияния перемещений»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить линию влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки.

Узел – узел, для которого требуется отобразить линию влияния перемещения / экстремальное положение подвижной нагрузки на поверхности влияния перемещения.

Величина – компонента перемещения в узле (см. Раздел 4.1.2).

4.2.4 Поверхность влияния перемещений. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния → Перемещения. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать поверхность влияния перемещений» (см. Рисунок 4.15)

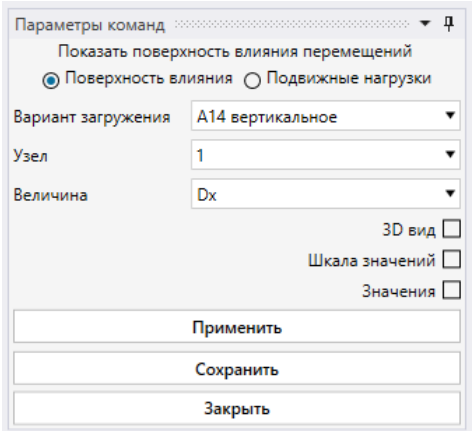


Рисунок 4.15 – Команда «Показать поверхность влияния перемещений»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить поверхность влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки.

Узел – узел, для которого требуется отобразить поверхность влияния перемещения / экстремальное положение подвижной нагрузки на поверхности влияния перемещения.

Величина – компонента перемещения в узле (см. Раздел 4.1.2).

4.2.5 Линия влияния усилий в стержнях. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния → Усилия в стержнях. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать линию влияния усилий в стержнях» (см. Рисунок 4.16).

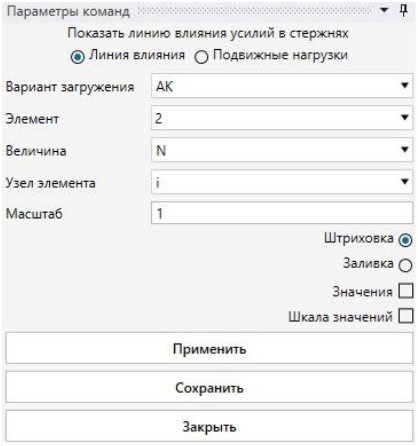


Рисунок 4.16 – Команда «Показать линию влияния усилий в стержнях»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить линию влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки;

Элемент – стержневой элемент, для которого требуется отобразить линию влияния внутреннего усилия / экстремальное положение подвижной нагрузки на линии влияния внутреннего усилия.

Величина – компонента внутреннего усилия в стержневом элементе (см. Раздел 4.1.3).

Узел элемента – локальное положение узла в элементе. i – узел в начале элемента, j – узел в конце элемента. Начало и конец элемента определяется локальной осью X.

4.2.6 Поверхность влияния усилий в стержнях. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния → Усилия в стержнях. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать поверхность влияния усилий в стержнях» (см. Рисунок 4.17).

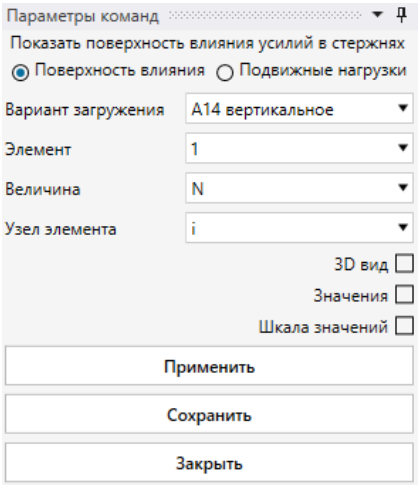


Рисунок 4.17 – Команда «Показать поверхность влияния усилий в стержнях»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить поверхность влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки;

Элемент – стержневой элемент, для которого требуется отобразить поверхность влияния внутреннего усилия / экстремальное положение подвижной нагрузки на поверхности влияния внутреннего усилия.

Величина – компонента внутреннего усилия в стержневом элементе (см. Раздел 4.1.3).

Узел элемента – локальное положение узла в элементе. i – узел в начале элемента, j – узел в конце элемента. Начало и конец элемента определяется локальной осью X.

4.2.7 Линия влияния напряжений в стержнях. Положение ТС

Для отображения составляющей напряжений от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Линия влияния → Напряжения в стержнях. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать линию влияния напряжений в стержнях» (см. Рисунок 4.18).

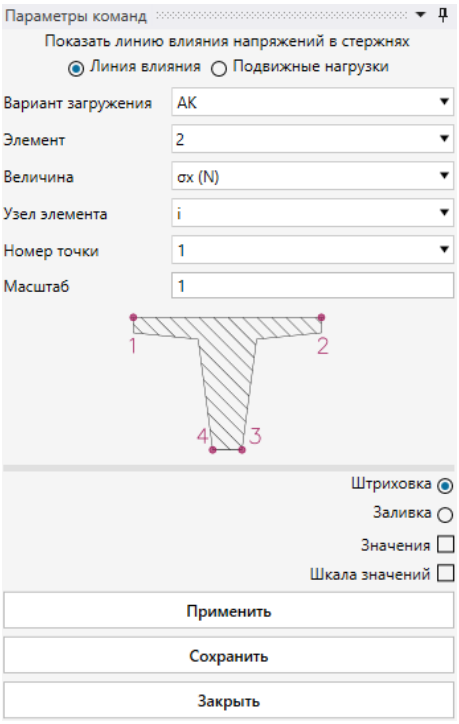


Рисунок 4.18 – Команда «Показать линию влияния напряжений в стержнях»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить линию влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки;

Элемент – стержневой элемент, для которого требуется отобразить линию влияния напряжения / экстремальное положение подвижной нагрузки на линии влияния напряжения.

Величина – компонента внутреннего усилия в стержневом элементе (см. Раздел 4.1.4).

Узел элемента – локальное положение узла в элементе. i – узел в начале элемента, j – узел в конце элемента. Начало и конец элемента определяется локальной осью X.

Номер точки показывает положение отображаемого напряжения в поперечном сечении элемента. Положение доступных точек показано на рисунке в окне Параметров команд.

4.2.8 Поверхность влияния напряжений в стержнях. Положение ТС

Для отображения составляющей напряжений от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния → Напряжения в стержнях. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать поверхность влияния напряжений в стержнях» (см. Рисунок 4.19).

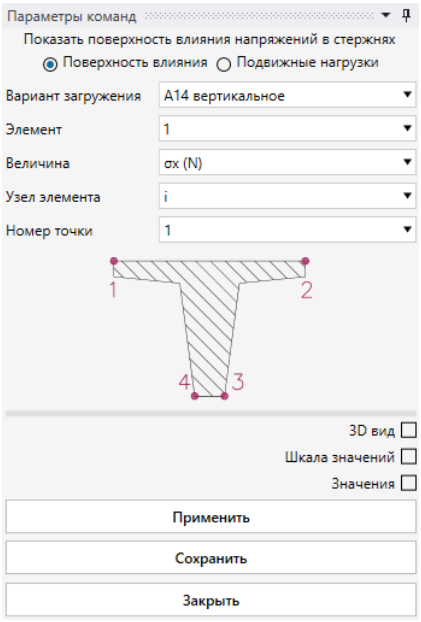


Рисунок 4.19 – Команда «Показать поверхность влияния напряжений в стержнях»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить поверхность влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки;

Элемент – стержневой элемент, для которого требуется отобразить поверхность влияния напряжения / экстремальное положение подвижной нагрузки на поверхности влияния напряжения.

Величина – компонента внутреннего усилия в стержневом элементе (см. Раздел 4.1.4).

Узел элемента – локальное положение узла в элементе. i – узел в начале элемента, j – узел в конце элемента. Начало и конец элемента определяется локальной осью X.

Номер точки показывает положение отображаемого напряжения в поперечном сечении элемента. Положение доступных точек показано на рисунке в окне Параметров команд.

4.2.9 Линия влияния усилий в плитах. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Линия влияния → Усилия в плитах. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать линию влияния усилий в плитах» (см. Рисунок 4.21).

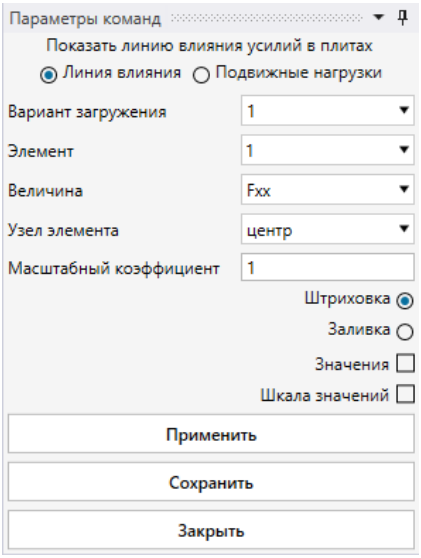


Рисунок 4.20 – Команда «Показать линию влияния усилий в плитах»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить линию влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки;

Элемент – плитный элемент, для которого требуется отобразить линию влияния внутреннего усилия / экстремальное положение подвижной нагрузки на линии влияния внутреннего усилия.

Величина – компонента внутреннего усилия в плитном элементе (см. Раздел 4.1.8).

Узел элемента – положение узла в элементе. Центр – узел в элементе с локальными координатами (0,5;0,5), 1 – узел в элементе с локальными координатами (0;0), 2 – узел в элементе с локальными координатами (0;1), 3 – узел в элементе с локальными координатами (1;1), 4 – узел в элементе с локальными координатами (1;0).

4.2.10Поверхность влияния усилий в плитах. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния → Усилия в плитах. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать поверхность влияния усилий в плитах» (см. Рисунок 4.21).

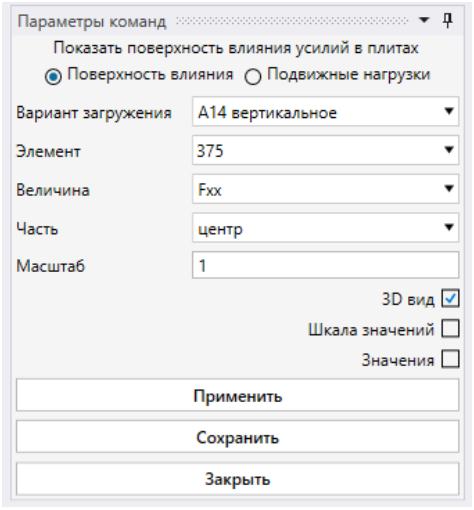


Рисунок 4.21 – Команда «Показать поверхность влияния усилий в плитах»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить поверхность влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки;

Элемент – плитный элемент, для которого требуется отобразить поверхность влияния внутреннего усилия / экстремальное положение подвижной нагрузки на поверхности влияния внутреннего усилия.

Величина – компонента внутреннего усилия в плитном элементе (см. Раздел 4.1.8).

Часть – положение узла в элементе. Центр – узел в элементе с локальными координатами (0,5;0,5), 1 – узел в элементе с локальными координатами (0;0), 2 – узел в элементе с локальными координатами (0;1), 3 – узел в элементе с локальными координатами (1;1), 4 – узел в элементе с локальными координатами (1;0).

4.2.11 Линия влияния напряжений в плитах. Положение ТС

Для отображения составляющей напряжений от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния → Напряжения в плитах. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать линию влияния напряжений в плитах» (см. Рисунок 4.23).

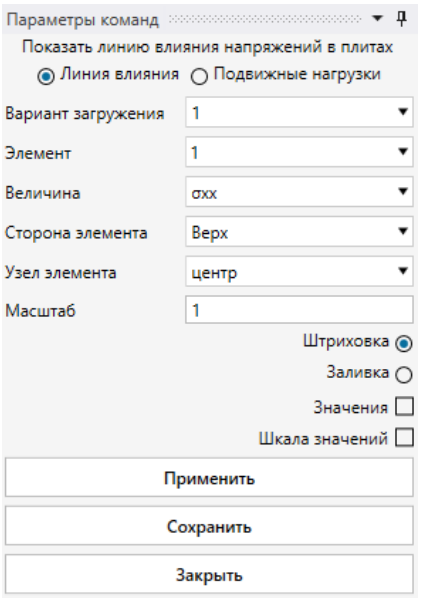


Рисунок 4.22 – Команда «Показать линию влияния напряжений в плитах»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить линию влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки;

Элемент – плитный элемент, для которого требуется отобразить линию влияния внутреннего усилия / экстремальное положение подвижной нагрузки на линии влияния внутреннего усилия.

Величина – компонента внутреннего усилия в плитном элементе (см. Раздел 4.1.9).

Часть – положение узла в элементе. Центр – узел в элементе с локальными координатами (0,5;0,5), 1 – узел в элементе с локальными координатами (0;0), 2 – узел в элементе с локальными координатами (0;1), 3 – узел в элементе с локальными координатами (1;1), 4 – узел в элементе с локальными координатами (1;0).

4.2.12 Поверхность влияния напряжений в плитах. Положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния → Напряжения в плитах. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать поверхность влияния напряжений в плитах» (см. Рисунок 4.23).

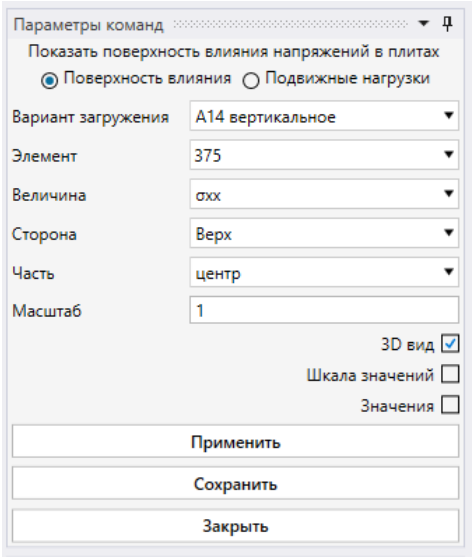


Рисунок 4.23 – Команда «Показать поверхность влияния напряжений в плитах»

Для выбора доступны:

Вариант загружения – вариант загружения подвижной нагрузки, для которого требуется отобразить поверхность влияния / экстремальное положение подвижной нагрузки;

Элемент – плитный элемент, для которого требуется отобразить поверхность влияния внутреннего усилия / экстремальное положение подвижной нагрузки на поверхности влияния внутреннего усилия.

Величина – компонента внутреннего усилия в плитном элементе (см. Раздел 4.1.9).

Часть – положение узла в элементе. Центр – узел в элементе с локальными координатами (0,5;0,5), 1 – узел в элементе с локальными координатами (0;0), 2 – узел в элементе с локальными координатами (0;1), 3 – узел в элементе с локальными координатами (1;1), 4 – узел в элементе с локальными координатами (1;0).

5 МОДУЛЬ ПРОВЕРКИ

Модуль Проверки предназначен для выполнения проверочных расчетов отдельных элементов конструкции в соответствии с выбранными нормами.

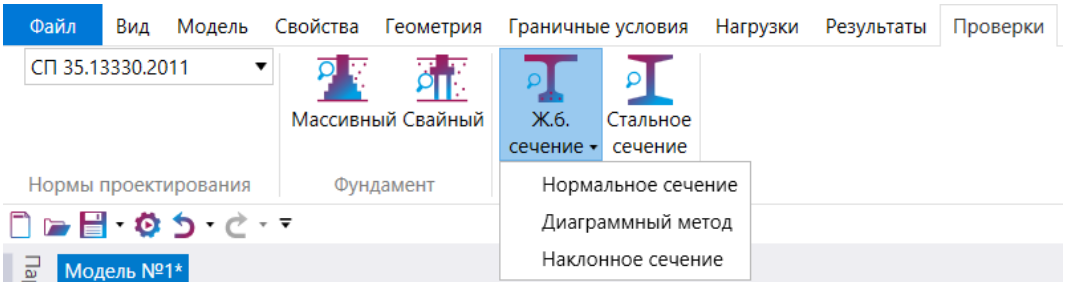


Рисунок 5.1 – Вкладка ленты Проверки

В рамках модуля могут быть выполнены проверки прочности, устойчивости и выносливости элементов конструкций в соответствии с требованиями нормативных документов. В ПАРИС доступны следующие модули проверок:

- Проверка массивных фундаментов – проверка прочности и устойчивости массивных фундаментов опор мостов;
- Проверка свайных фундаментов – проверка несущей способности свайных фундаментов;
- Проверка железобетонных сечений – проверка прочности, устойчивости и трещиностойкости железобетонных элементов;
- Проверка стальных сечений – проверка прочности, выносливости и устойчивости стальных элементов;
- Проверка сталежелезобетонных сечений – проверка прочности, выносливости и устойчивости сталежелезобетонных элементов.

Для работы с модулями проверок необходимо выбрать нормы проектирования из выпадающего списка на вкладке ленты «Проверки». Доступны следующие нормы:

- СП 35.13330.2011 – Свод правил «Мосты и трубы»;
- ОДМ 218.2.031-2021 – Отраслевой дорожный методический документ «Руководство по расчету и проектированию мостовых конструкций»;
- Руководство РЖД – Руководство по расчету и проектированию мостовых конструкций на железных дорогах.

Для изменения норм проектирования в модулях проверок откройте вкладку ленты «Проверки». В группе «Нормы проектирования» выберите требуемые нормы из выпадающего списка (см. Рисунок 5.2). После выбора норм проектирования интерфейс модулей проверок автоматически обновится в соответствии с выбранными нормами.

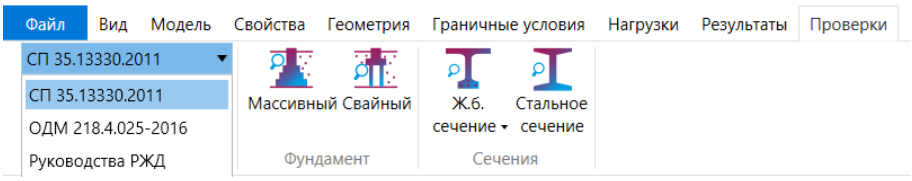


Рисунок 5.2 – Вкладка ленты Проверки, панель выбора Норм проектирования

Изменение норм проектирования влияет на коэффициенты надежности, материалы и другие настройки, определяемые выбранными нормами. При изменении норм проектирования в уже открытом окне проверки необходимо закрыть и заново открыть окно проверки для применения новых норм. Для норм ОДМ 218 и РЖД необходимо выбрать классифицируемое транспортное средство из списка подвижных нагрузок.

5.1 Расчет фундаментов опор

Расчет массивных или свайных фундаментов производится по первой и второй группам предельных состояний в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- СП 35.13330.2011. Мосты и трубы.
- СП 24.13330.2021. Свайные фундаменты.
- СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.

Отдельные типы расчетов прописаны в разных нормативных документах. Однако, если какой-либо расчет прописан и в СП 35.13330.2011. Мосты и трубы и в другом документе, расчет будет выполняться по указаниям СП 35.13330.2011. В ПАРИС в качестве норм проектирования, объединяющий все 3 документа, принят СП 35.13330.2011.

Исходными данными для расчета элементов конструкции являются: сечение, материал, параметры конструирования, усилия от расчетных сочетаний нагрузок физико-механические параметры грунтов и глубина их заложения.

Для выполнение проверочных расчетов фундамента необходимо выполнить модель из балочных и (или) плитных элементов таким образом, чтобы направление вектора действия силы тяжести была параллельна глобальной оси *Z* и была направлена в противоположную сторону. Такой подход позволяет однозначно ориентировать необходимые для расчета высотные отметки.

Рассчитываемые элементы фундамента (сваи или массивная часть в основании опоры) должны быть выполнены только из балочных элементов.

Усилия в элементах опор, необходимые для выполнения проверок по выбранным нормам, учитываются только в качестве сочетаний нагрузок, а не отдельных загружений (см. Раздел 2.12). Перед выполнение проверок необходимо убедиться, что сочетания нагрузок созданы, а присвоенные им группы предельных состояний указаны верно.

Перед выполнением проверки убедитесь, что грунты основания заданы (см. Раздел 2.7.2). Изменения их свойств приведет к удалению результатов расчета. Однако, если вкладка с соответствующей проверкой останется открыта и элементы, усилия в которых необходимы для расчета, введены, то можно изменять характеристики грунтов и выполнять перерасчет фундамента без необходимости рассчитывать КЭ модель.

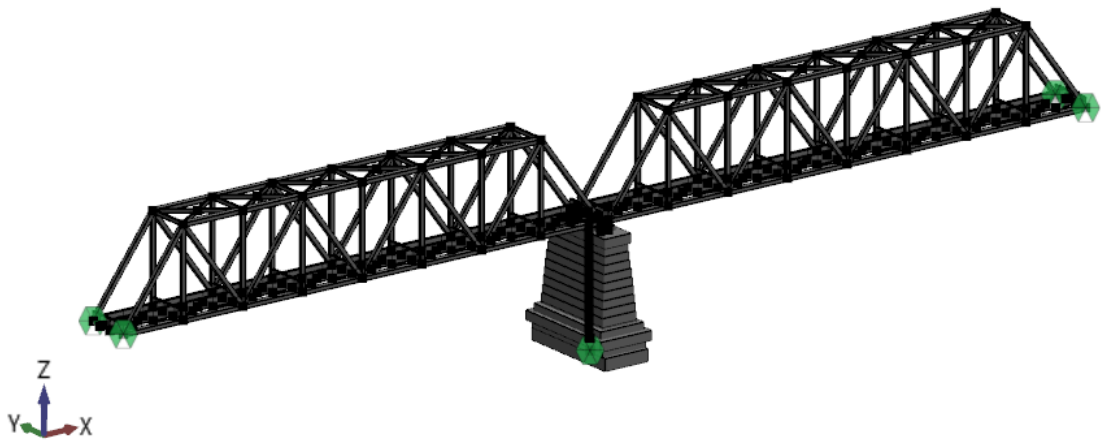


Рисунок 5.3– КЭ модель фрагмента моста для расчета массивного фундамента

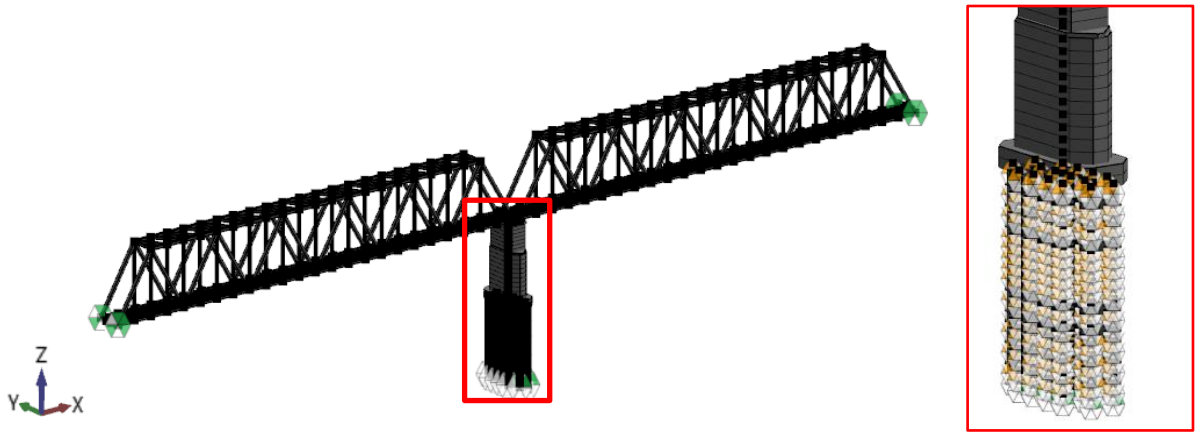


Рисунок 5.4– КЭ модель фрагмента моста для расчета свайного фундамента

5.1.1 Массивный фундамент

Для активации формы проверки массивного фундамента необходимо выбрать вкладку Проверки, указать нормы проектирования и далее активировать команду Массивный фундамент нажатием соответствующей кнопки (см. Рисунок 5.1). После заполнения всех параметров и активации команды «Отчет» будет сгенерирован отчет по выполненным проверкам в формате *.docx.

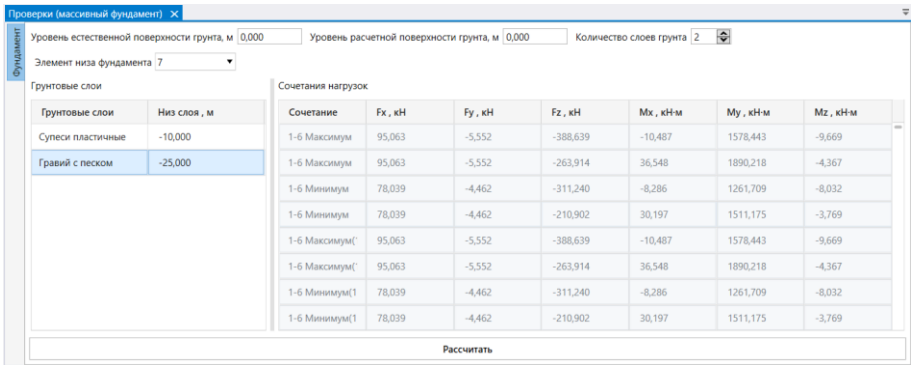


Рисунок 5.5– Окно проверки массивного фундамента

В качестве исходных данных для выполнения проверок выступают:

- **Уровень естественной поверхности грунта** – для береговых опор уровень земли до срезки или подсыпки, для русловых опор – уровень общего размыва.
- **Уровень расчетной поверхности грунта** – для береговых опор уровень земли после срезки или подсыпки, для русловых опор – уровень местного размыва.
- **Количество слоев грунта –** число грунтов, отличающихся между собой физико-механическими характеристиками и расположенные по высоте опоры.
- **Низ фундамента –** номер элемента в уровне низа фундамента должен быть балочным и быть ориентированным преимущественно вдоль глобальной оси *Z*.

- **Сочетания нагрузок** – усилия в рассчитываемом элементе по ранее созданным сочетаниям нагрузок. Сочетания нагрузок, учитываемые в расчете, должны иметь флажок в параметре «Активировать». После ввода рассчитываемого элемента в поле «Низ фундамента» в таблице сочетания нагрузок автоматически появятся итоговые усилия, действующие в данном элементе. Расчет фундамента выполняется по первой и второй группам предельных состояний при условии, что сочетания нагрузок для таких групп предельных состояний заданы.

Параметры грунтов:

- **Грунтовый слой** – свойство, доступное из перечня ранее созданных грунтов (см. раздел 2.7.2).
- **Низ слоя –** отметка низа каждого грунтового слоя в пользовательских единицах измерения в единой системе координат с выбранным узлом привязки. Для корректной работы мастера конструкций отметка низа последнего грунтового слоя должна быть ниже отметки низа последнего яруса опоры.

Вкладка «Результаты» становится доступна после успешного расчёта. Таблица результатов содержит: название результата расчёта и коэффициент использования (отношение действующей усилия к несущей способности) или класс транспортного средства. Выделите одну или несколько строк в таблице и нажмите кнопку «Отчёт» для формирования документа в формате *.docx.

5.1.2 Свайный фундамент

Для активации формы проверки свайного фундамента необходимо выбрать вкладку Проверки, указать нормы проектирования и далее активировать команду Свайный фундамент нажатием соответствующей кнопки (см. Рисунок 5.1). После заполнения всех параметров и активации команды «Отчет» будет сгенерирован отчет по выполненным проверкам в формате *.docx.

В качестве исходных данных для выполнения проверок выступают:

- **Уровень естественной поверхности грунта** – для береговых опор уровень земли до срезки или подсыпки, для русловых опор – уровень общего размыва.
- **Уровень расчетной поверхности грунта** – для береговых опор уровень земли после срезки или подсыпки, для русловых опор – уровень местного размыва.

- **Количество слоев грунта –** число грунтов, отличающихся между собой физико-механическими характеристиками и расположенные по высоте опоры.
- **Группа свай**. Для того, чтобы однозначно определить сваи, до выполнения расчета их необходимо объединить в группу (обязательно все сваи одной опоры в одну группу, см. Раздел 2.6.22). Эту группу необходимо выбрать в поле «Группа». Программа сама разделить элементы на отдельные сваи и определит в них усилия.
- **Низ ростверка –** номер элемента в уровне низа ростверка. Элемент должен быть балочным и быть ориентированным преимущественно вдоль глобальной оси *Z*. При отсутствии ростверка оставлять поле пустым.
- **Сочетания нагрузок** – усилия в рассчитываемом элементе по ранее созданным сочетаниям нагрузок. Сочетания нагрузок, учитываемые в расчете, должны иметь флажок в параметре «Активировать». После ввода рассчитываемого элемента в поле «Низ ростверка» в таблице сочетания нагрузок автоматически появятся итоговые усилия, действующие в данном элементе. Расчет фундамента выполняется по первой и второй группам предельных состояний при условии, что сочетания нагрузок для таких групп предельных состояний заданы.

Параметры грунтов:

- **Грунтовый слой** – свойство, доступное из перечня ранее созданных грунтов (см. раздел 2.7.2).
- **Низ слоя –** отметка низа каждого грунтового слоя в пользовательских единицах измерения в единой системе координат с выбранным узлом привязки. Для корректной работы мастера конструкций отметка низа последнего грунтового слоя должна быть ниже отметки низа последнего яруса опоры.

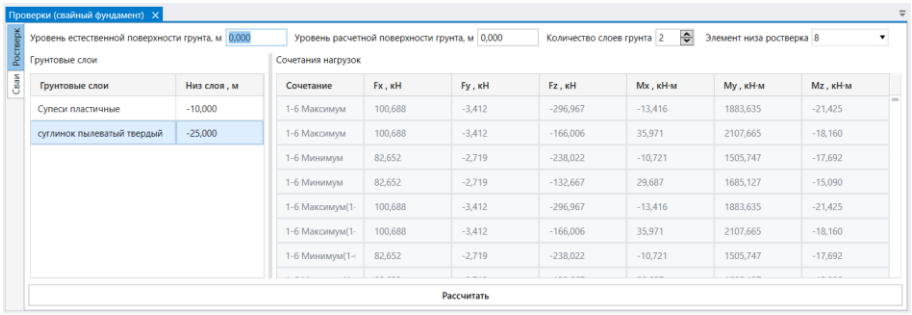
После ввода группы свай, в таблице свай появится описание каждой сваи, входящей в группу. В таблице приведены следующие поля:

- **Номер –** порядковый номер сваи для ее идентификации при выполнении проверочных расчетов.
- **Название** – список элементов, из которых состоит отдельная свая. Определяется программой автоматически.

- **Верх сваи** – координата верха отдельной сваи по глобальной оси *Z*. Определяется программой автоматически.
- **Низ сваи** – координата низа отдельной сваи по глобальной оси *Z*. Определяется программой автоматически.
- **Внутреннее усилие** – максимальное продольное усилие в свае (преимущественно в низу сваи).
- **Сечение** – сечения отдельной сваи. Определяется программой автоматически.
- **Способ сооружения** – вид технологии погружения сваи, от которого зависит алгоритм ее проверки по грунту. Выбирается из выпадающего списка. Более подробная информация представлена в СП 24.13330.2021. Свайные фундаменты.

В текущей версии программы характеристики сечения каждой отдельной сваи берутся из нижнего элемента, в дальнейшим будет учитываться переменные сечения по высоте свай. Кроме того, расчет свайного фундамента как условно-массивного работает корректно только, если все сваи заглублены на одном уровне (особенно важно для свай, образующих внешний контур).

После ввода рассчитываемого элемента в основании свайного фундамента в таблице сочетания нагрузок появятся итоговые усилия, действующие в данном элементе (см. Рисунок 5.6). Расчетное сечение ростверка принимается из характеристик введенного элемента.



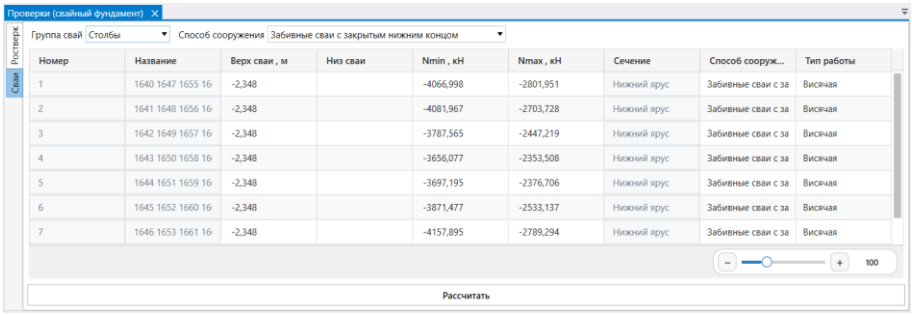


Рисунок 5.6– Окно проверки свайного фундамента: вкладки «Ростверк» и «Сваи»

Вкладка «Результаты» становится доступна после успешного расчёта. Таблица результатов содержит: название результата расчёта и коэффициент использования (отношение действующей усилия к несущей способности) или класс транспортного средства. Выделите одну или несколько строк в таблице и нажмите кнопку «Отчёт» для формирования документа в формате *.docx.

5.2 Расчет бетонных и железобетонных конструкций

Расчет сечений железобетонных элементов производится по первой и второй группам предельных состояний в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- СП 35.13330.2011. Мосты и трубы.
- ОДМ 218.4.025.2016. Методические рекомендации по определению грузоподъемности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Бетонные и железобетонные конструкции

Исходными данными для расчета конструкции являются: сечение, материал элемента (бетон) и задаваемой арматуры, параметры конструирования, усилия от расчетных сочетаний нагрузок.

В ПАРИС возможно проведение проверок по нормальному, наклонному сечениям и с помощью диаграммного метода.

Материал задаваемых в проверочных расчетах арматурных стержней должны быть созданы только из перечня стандартных типов материалов по нормам проектирования (Тип - Сталь арматурная). Перед выполнением проверки убедитесь, что созданы материалы для арматуры, которые будут использованы в проверке сечения элемента, даже если они не используются в расчетной модели. Изменения их свойств или добавление новых материалов приведет к удалению

результатов расчета. Если предполагается варьировать арматурной сталью, то требуется заранее задать все необходимые материалы арматурной стали.

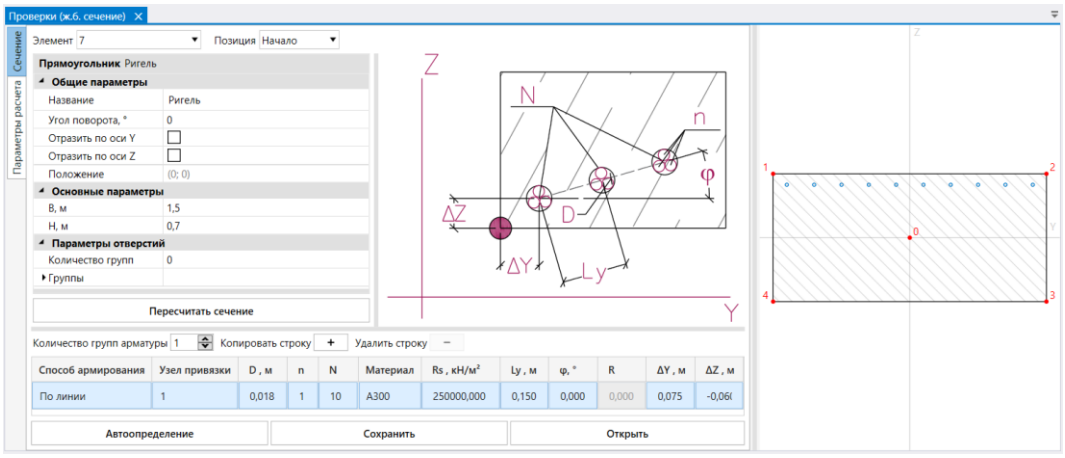
Рассчитываемые элементы бетонных/железобетонных элементов должны быть выполнены только из балочных элементов и иметь только стандартные типы материалов по нормам проектирования (B20…B60). Изменения их свойств или добавление новых материалов приведет к удалению результатов расчета.

Усилия в элементах опор, необходимые для выполнения проверок по выбранным нормам, учитываются только в качестве сочетаний нагрузок, а не отдельных загружений (см. Раздел 2.12). Перед выполнением проверок необходимо убедиться, что сочетания нагрузок созданы, а присвоенные им группы предельных состояний указаны верно.

После заполнения всех параметров и активации команды «Отчет» будет сгенерирован отчет по выполненным проверкам в формате *.docx.

5.3 Расчет нормального сечения

Для активации формы проверки сечения бетонного/железобетонного элемента необходимо перейти во вкладку Проверки, нажать кнопку «Ж.б. сечения» и из выпадающего списка выбрать «Нормальное сечение» (см. Рисунок 5.1).



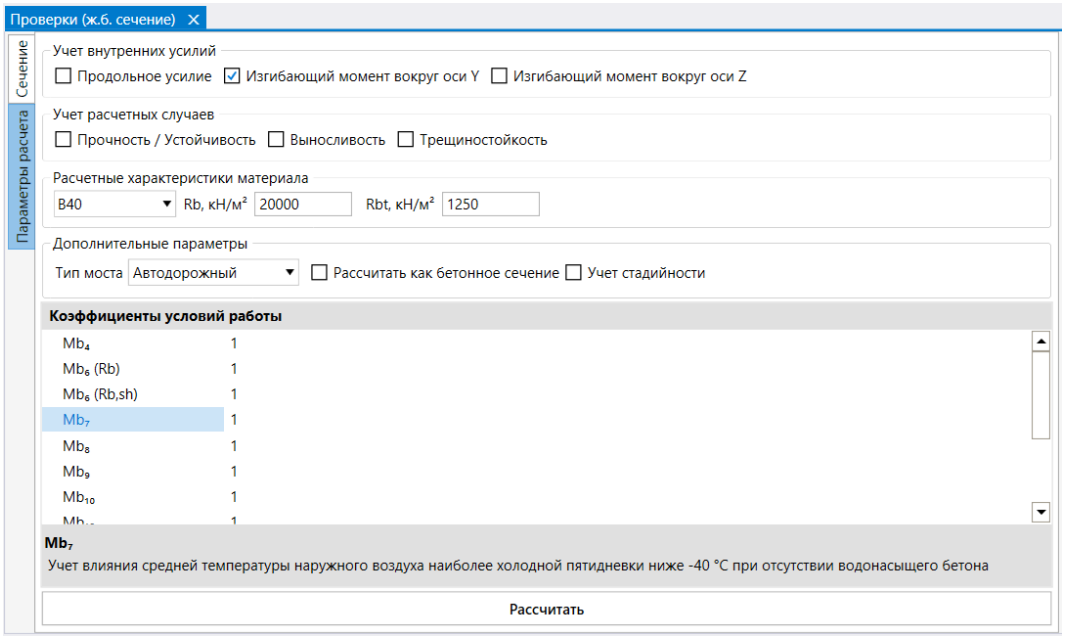


Рисунок 5.7– Окно проверки сечения бетонного/железобетонного элемента

В качестве исходных данных для выполнения проверок выступают:

- **Элемент** – номер элемента, для которого будет выполнена проверка. После ввода элемента в окне слева появляется его поперечное сечение с точками привязки, а также рядом с окном ввода отобразится в нередактируемом формате название сечения и материала. Если этого не произошло, значит элемент либо не существует в расчетной модели, либо в качестве его материала задан не стандартные типы материалов по нормам проектирования (B20…B60).
- **Расчетная длина (L_0)** – расчетная длина всей проверяемой конструкции, определенная с учетом коэффициента расчетной длины μ, применяемом в зависимости от типа закрепления стержня.
- **Расчетная ширина раскрытия трещин (Δcr)** – параметр, определяемый по таблице 7.24 СП 35.13330.2011 и используемый при расчете железобетонного сечения по трещиностойкости.
- **Тип моста** – параметр, необходимый для однозначного определения ряда расчетных коэффициентов в соответствии с расчетными нормами.
- **Тип соединения арматуры** – параметр, использующийся программой для определения коэффициентов условий работы при расчете арматуры на выносливость (см. раздел 7.39 СП 35.13330.2011).

- **Коэффициенты условий работы** – коэффициенты, применяемые для снижения или увеличения расчетных сопротивлений бетона и назначаются в соответствии с таблицей 7.7 СП 35.13330.2011 или согласно другому нормативному документу. Программой предусмотрен ввод пользовательских коэффициентов условий работы при необходимости (*mb user*).
- **Количество рядов арматуры –** число арматурных рядов, которые будут заданы для сечения.
- **Учет силовых факторов –** параметры, в зависимости от которых назначаются типы проверок:

- *учитывать продольное усилия* подразумевает расчет элемента на сжатие;

- *учитывать изгибающий момент* подразумевает расчет элемента на изгиб и внецентренное сжатие (при активации учета продольной силы).

Активация учета изгибающего момента относительно двух осей подразумевает выполнение проверок на изгиб/внецентренное сжатие как относительно одной оси, так и другой независимо друг от друга. Расчет на действие равнодействующего момента программой не предусмотрен.

- **Параметры армирования** – описание арматурных рядов. Если арматурные ряды отсутствуют, то сечение рассчитывается как бетонное, однако проверки элемента могут выполняться только как для сжатого или внецентренно-сжатого. Проверки бетонного элемента на изгиб программой не предусмотрены. Для каждого ряда необходимо ввести следующие параметры:
  - Способ армирования – способ построения арматурных стерней в сечении. Возможные способы – по линии, когда стержни располагаются в одну линию, либо по радиусу, когда стерни располагаются по кругу на расстоянии радиуса от точки привязи (используются для круглых или кольцевых сечений).
  - Узел привязки – узел, относительно которого будут задаваться смещения начала арматурного ряда. Выбирается из списка анкерных точек, изображенных на схеме сечения.

- Диаметр – диаметр арматурного стерня или проволоки в ряду в выбранных единицах измерения. Важно, чтобы для пучков был задан именно диаметр проволоки, так как он используются для определения ряда параметров по расчетным нормам.
- Число в пучке – число стержней, входящих в пучок. По умолчанию равен 1, что характерно для обычной арматуры.
- Элементов в ряду – число стержней, входящих в ряд.
- Материал – материал стержней арматурного ряда, выбираемый из заранее созданных стандартных материалов.
- Расстояние между крайними элементами в ряду - расстояние между центрами тяжести крайних элементов в ряду для способа армирования по линии. Для армирования по радиусу данный параметр недоступен, так как в этом случае стержни будут равномерно распределены по окружности.
- Угол – угол в градусах между линией расположения ряда и горизонтальной осью Y, изображенной на схеме сечения. Так, если необходимо задать вертикальный ряд, то необходимо ввести угол, равный $\pm 90^0$. Для армирования по радиусу данный параметр недоступен.
- Радиус – расстояние от узла привязки с учетом смещения до арматурных стержней для способа армирования по радиусу. Для армирования по линии данный параметр недоступен.
- Смещения ΔY и ΔZ – смещение от узла привязки до начала ряда при необходимости

В качестве примера показано квадратное сечение размерами 400x400 мм (см. Рисунок 5.8), армированное четырьмя стержнями диаметром 20 мм, установленные с шагом 300 мм и защитным слоем, равным 40 мм. Параметры армирования (1 ряд) представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1 Параметры армирования

Параметр	Значение
Способ армирования	По линии
Узел привязки	4
Диаметр, мм	20
Число в пучке	1
Элементов в ряду	4
Материал	A400

Расстояние между крайними элементами в ряду, мм	300
Угол, ^{0}	0
ΔY, мм	50
ΔZ, мм	50

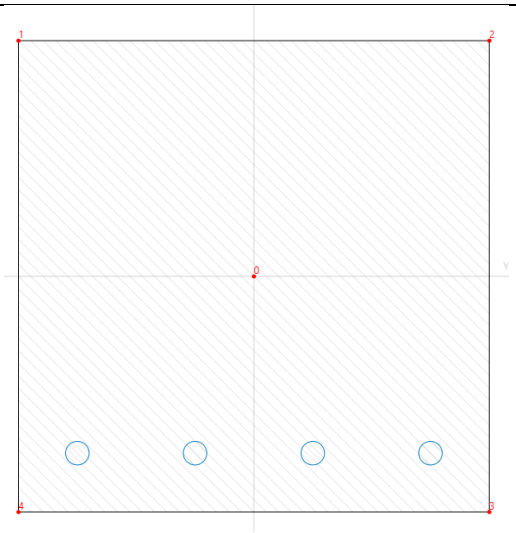


Рисунок 5.8 – Пример заданного армирования

Если выбранное сечение пересекают ранее заданные продольные арматурные стержни (см. Раздел 2.7.11), то можно автоматически заполнить таблицу армирования этими стержнями с помощью команды «Автоопределение».

Вкладка «Результаты» становится доступна после успешного расчёта. Таблица результатов содержит: название результата расчёта и коэффициент использования (отношение действующей усилия к несущей способности) или класс транспортного средства. Выделите одну или несколько строк в таблице и нажмите кнопку «Отчёт» для формирования документа в формате *.docx.

5.4 Диаграммный метод расчёта железобетонных сечений

Диаграммный метод предназначен для проверки несущей способности железобетонных сечений по первой группе предельных состояний на основе предельных диаграмм взаимодействия внутренних усилий N, My, Mz. Метод применим к произвольным сплошным сечениям (прямоугольным, тавровым, коробчатым, с отверстиями и др.) при заданном расположении продольной арматуры.

Для работы с диаграммным методом необходимо:

- выполнить статический расчёт модели и получить внутренние усилия в элементах;
- задать материалы, сечения и продольное армирование проверяемых элементов;
- выбрать нормы проектирования на вкладке ленты «Проверки» (СП 35.13330.2011, ОДМ 218.2.031-2021 или Руководство РЖД);
- воспользоваться вкладкой ленты «Проверки» и командой «Диаграммный метод».

Откроется окно проверки:

- Сечение – задание геометрии сечения, армирования и просмотр эскиза;
- Параметры расчёта – выбор учитываемых усилий, диаграммы σ–ε бетона, запуск расчёта;
- Кривые взаимодействия – таблица сочетаний нагрузок и графики предельных диаграмм.

5.4.1 Вкладка «Сечение»

На вкладке «Сечение» задаются исходные данные проверяемого элемента (см. Рисунок 5.9). Здесь выбирается проверяемый элемент из списка, положение сечения, при необходимости корректируется его геометрия. Для применения изменений в геометрии сечения необходимо воспользоваться командой «Рассчитать сечение». Здесь же можно задать продольное армирование или определить ранее заданные (см. Раздел 2.7.11) продольные арматурные стержни с помощью команды «Автоопределение».

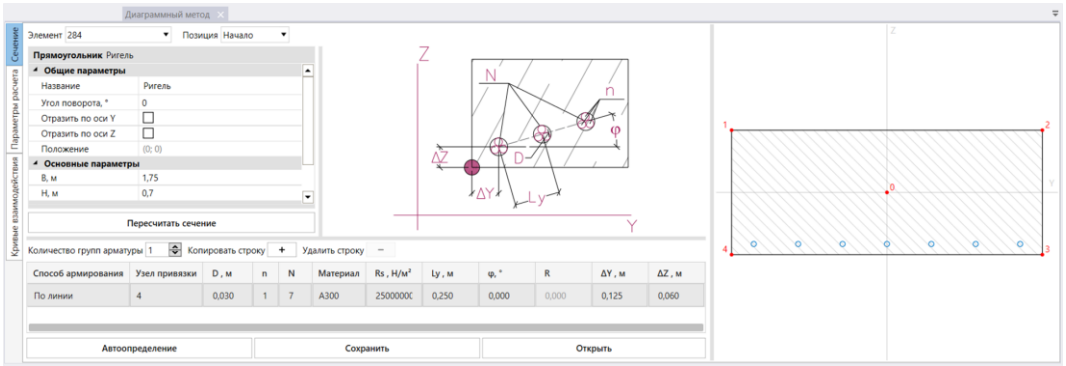


Рисунок 5.9 – Вкладка «Сечение» проверки диаграммным методом

Убедитесь, что контуры арматуры не пересекаются (при пересечении программа выдаёт предупреждение при переходе на другую вкладку или при расчёте).

5.4.2 Вкладка «Параметры расчета»

На вкладке «Параметры расчёта» задаются условия проверки и свойства материалов в предельной стадии (см. Рисунок 5.10).

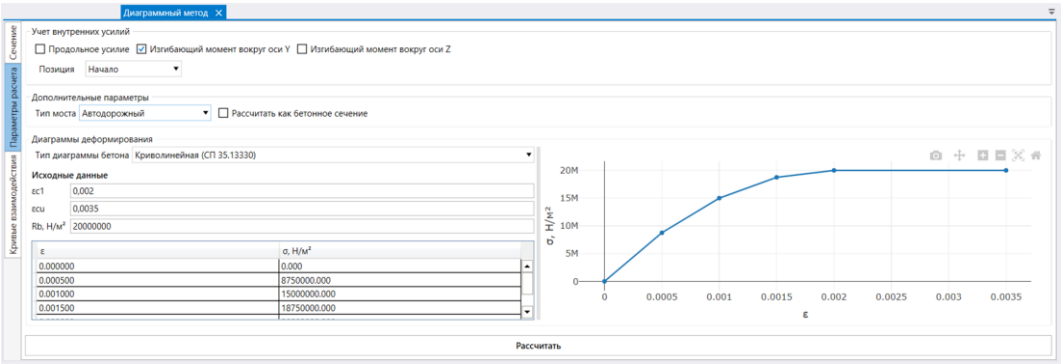


Рисунок 5.10 – Вкладка «Параметры расчета» проверки диаграммным методом

- Группа «Использовать силы»:

  Осевая сила – учёт продольной силы N в проверке;

  Момент вокруг Y – учёт изгибающего момента My;

  Момент вокруг Z – учёт изгибающего момента Mz.

- Группа «Дополнительные свойства»:

Тип моста – автодорожный, железнодорожный и др. (влияет на нормативные характеристики арматуры);

Бетонное сечение – флажок для проверки сечения без учёта продольной арматуры (только бетон; при снятом флажке арматура обязательна при изгибе).

- Группа «Диаграммы деформирования»:

  Тип диаграммы бетона – выбор закона σ–ε бетона в предельной стадии:

  - криволинейная (СП 35.13330) – по умолчанию;
  - билинейная (СП 63.13330);
  - трёхлинейная (СП 63.13330).

  Исходные данные диаграммы для построения и расчета:

  - ε_{c1} – деформация при достижении расчётного сопротивления сжатию (по умолчанию 0,002);
  - ε_{cu} – предельная сжимающая деформация бетона (по умолчанию 0,0035);

- ε_{c0} – промежуточная деформация (для трёхлинейной диаграммы);
- $\sigma_{c0/Rb}$ – относительное напряжение в промежуточной точке (для трёхлинейной диаграммы);
- R_b – расчётное сопротивление бетона сжатию в активных единицах измерения.

В нижней части вкладки расположена кнопка «Рассчитать» для запуска построения предельных диаграмм и проверки сочетаний нагрузок. После успешного расчёта программа автоматически перейдёт на вкладку «Кривые взаимодействия».

5.4.3 Вкладка «Кривые взаимодействия»

На вкладке «Кривые взаимодействия» отображаются результаты проверки (см. Рисунок 5.11).

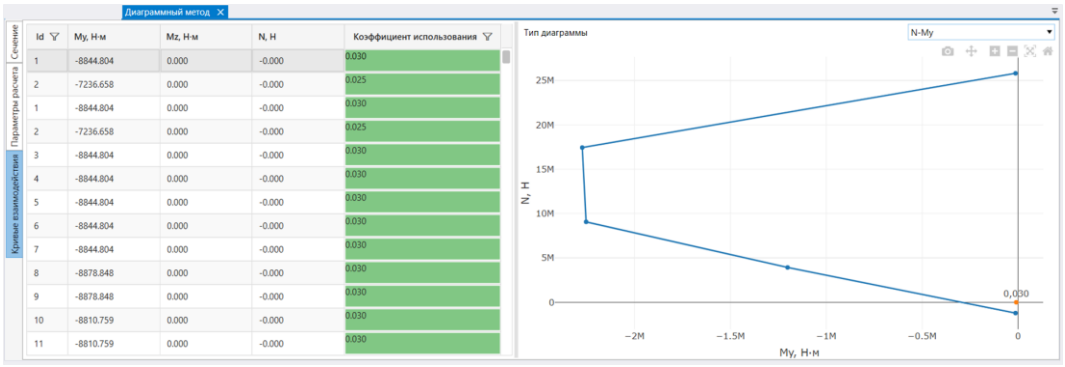


Рисунок 5.11 – Вкладка «Кривые взаимодействия» проверки диаграммным методом

- Левая часть – таблица расчётных сочетаний нагрузок:

Id – идентификатор сочетания (номер варианта загружения или порядковый номер);

M_y – изгибающий момент относительно оси Y в активных единицах;

M_z – изгибающий момент относительно оси Z в активных единицах;

N – продольная сила (сжатие принимается положительным) в активных единицах;

Коэффициент использования (k) – отношение расчётных усилий к предельным (значение меньше 1,0 соответствует выполнению условия прочности).

Цвет ячейки коэффициента использования:

зелёный – проверка выполнена ($k < 1$);

красный – проверка не выполнена ($k \geq 1$).

- Правая часть – графическое представление предельных диаграмм:

  Тип диаграммы – выбор режима отображения:

  - N–My – вертикальный срез поверхности в плоскости продольной силы и момента My;
  - N–Mz – вертикальный срез в плоскости N и Mz;
  - My–Mz – контур двухосного изгиба при продольной силе, близкой к выбранному сочетанию в таблице;
  - N–My–Mz – трёхмерная поверхность несущей способности (My, Mz, N) с отметкой точки выбранного сочетания.

На 2D-графиках отображаются предельная кривая (или контур) и точка расчётных усилий для выделенной строки таблицы. На 3D-графике отображается аппроксимация поверхности предельных состояний и вектор нагрузки от начала координат до точки сочетания.

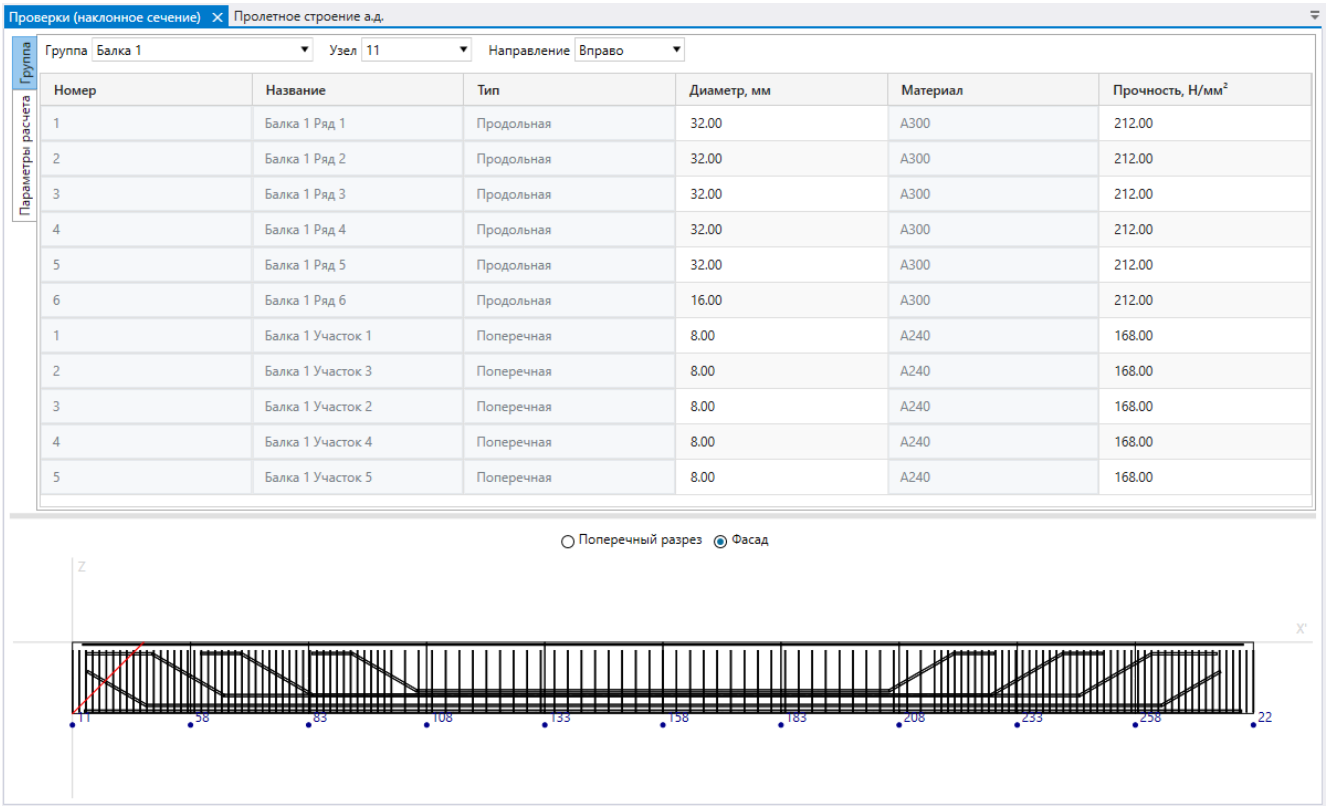
5.5 Расчет наклонного сечения

Модуль проверки наклонного сечения предназначен для расчёта железобетонных балок и ригелей на действие поперечной силы по СП 35.13330.2011 (п. 7.78 и связанные формулы) с учётом поперечной и продольной арматуры, заданной в модели (см. Рисунок 5.12).

Расчёт выполняется для группы элементов фасада (балок), объединённых в одну группу элементов, с автоматическим поиском наихудшего положения и наклона трещины.

Для работы с проверкой наклонного сечения необходимо:

- сформировать расчётную группу стержневых элементов;
- задать продольное и поперечное армирование для элементов группы;
- выполнить статический расчёт;
- выбрать нормы проектирования СП 35.13330.2011, ОДМ 218.2.031-2021 или Руководство РЖД на вкладке ленты «Проверки»;
- воспользоваться вкладкой ленты «Проверки» и командой «Наклонное сечение».



Номер	Название	Тип	Диаметр, мм	Материал	Прочность, Н/мм²
1	Балка 1 Ряд 1	Продольная	32.00	A300	212.00
2	Балка 1 Ряд 2	Продольная	32.00	A300	212.00
3	Балка 1 Ряд 3	Продольная	32.00	A300	212.00
4	Балка 1 Ряд 4	Продольная	32.00	A300	212.00
5	Балка 1 Ряд 5	Продольная	32.00	A300	212.00
6	Балка 1 Ряд 6	Продольная	16.00	A300	212.00
1	Балка 1 Участок 1	Поперечная	8.00	A240	168.00
2	Балка 1 Участок 3	Поперечная	8.00	A240	168.00
3	Балка 1 Участок 2	Поперечная	8.00	A240	168.00
4	Балка 1 Участок 4	Поперечная	8.00	A240	168.00
5	Балка 1 Участок 5	Поперечная	8.00	A240	168.00

Рисунок 5.12 – Вкладка «Проверки (наклонное сечение)»

В окне «Проверки (наклонное сечение)» имеются следующие вкладки:

- Группа – выбор группы, элемента, положения и направления трещины, таблица арматуры;
- Параметры расчёта – материалы, коэффициенты условий работы, запуск расчёта.
- Результаты – таблица результатов по сочетаниям нагрузок (после расчёта).

5.5.1 Вкладка «Группа»

Задается группа элементов модели, для которой выполняется расчёт, и автоматически определяются группы армирования, связанные с группой элементов. Параметр «Узел» показывает узел внутри группы для построения наклонной трещины, «Направление трещины» показывает направление трещины относительно вертикали на фасаде. В окне просмотра отображается группа элементов, армирование и расположение наклонной трещины.

5.5.2 Вкладка «Параметры расчета»

На вкладке задаются нормативные параметры и коэффициенты условий работы. Для норм ОДМ и Руководств РЖД выбирается классифицируемое

транспортное средство. Параметры бетона и коэффициенты условий работы аналогичны проверкам нормального сечения (см. Раздел 5.3). При необходимости можно задать минимальный и максимальный углы наклона трещины и шаг угла для итерирования расчета.

После задания параметров расчета, активируйте расчет соответствующей командой. Программа выполняет итерационный поиск наихудшего наклона трещины (наихудшего наклонного сечения) для всех сочетаний нагрузок первой группы предельных состояний с учётом поперечной и продольной арматуры. Расчёт наклонного сечения выполняется по методике СП 35.13330.2011.

Вкладка «Результаты» становится доступна после успешного расчёта. Таблица результатов содержит: название результата расчёта и коэффициент использования (отношение действующей усилия к несущей способности) или класс транспортного средства. Выделите одну или несколько строк в таблице и нажмите кнопку «Отчёт» для формирования документа в формате *.docx.

5.6 Расчет металлических и сталежелезобетонных сечений

Для проверки металлических и сталежелезобетонных конструкций необходимо воспользоваться вкладкой ленты «Проверки» и далее командой «Стальное сечение». Откроется окно проверки стального сечения (см. Рисунок 5.14).

Окно проверки стального сечения состоит из следующих вкладок:

- Сечение – настройка параметров сечения элемента;
- Местные напряжения – настройка параметров местных напряжений (для ортотропных конструкций);
- Поперечная балка – проверка поперечных балок (для ортотропных конструкций);
- Стенка – проверка стенки (для ортотропных конструкций);
- Параметры расчета – настройка параметров расчета;
- Результаты – просмотр результатов проверки.

5.6.1 Вкладка «Сечение»

На вкладке «Сечение» выбирается проверяемый элемент, редактируется его геометрия и армирование бетонной плиты при необходимости (см. Рисунок 5.13).

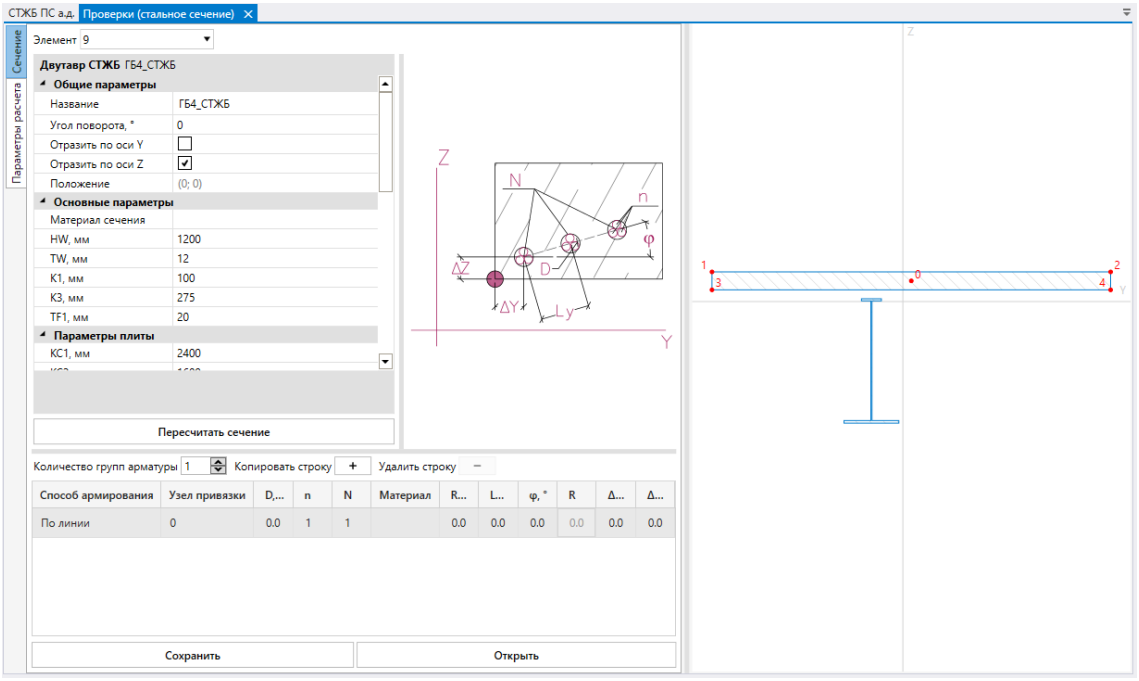


Рисунок 5.13 – Отображение сечения в окне «Проверки (стальное сечение)»

5.6.2 Вкладка «Параметры расчета»

На вкладке указываются тип моста, расчетные характеристики материалов, компоненты внутренних усилий, учитываемых при расчете, расчетные случаи и отдельные части элемента для проверки (стенка, поперечная балка, продольное ребро, лист настила). При выборе проверки устойчивости появляются поля ввода свободной длины элементов. При проверке стенки, поперечной балки или продольных ребер появляются дополнительные вкладки с исходными данными, необходимыми для выполнения проверки.

Для расчета стенки сечения необходимо указать величины местных нагрузок на пояса балки (p, F), размеры (a_i, h_i) и местные напряжения (p_x, p_z, p_{xz}) отсеков стенки. Количество отсеков в сечении и их высота определяется автоматически.

Для расчета поперечной балки необходимо указать количество участков и шаг (l) поперечной балки, выбрать ее сечение из доступных в модели (можно выбрать из тавровых и двутавровых сварных и прокатных сечений), расстояние между стенками балок на участке (L) и прогиб (f) продольных ребер. Шаг (a) и

количество (k) продольных ребер на участке заполняется автоматически по данным параметров ребер жесткости.

Для расчета продольных ребер и плиты (листа настила) необходимо для каждого ребра указать величину местных напряжений в плите и ребре. Для ребер есть возможность указать местные усилия вместно напряжений.

Для расчета выносливости сечения указывается точка в сечении и ее коэффициент концентрации напряжений.

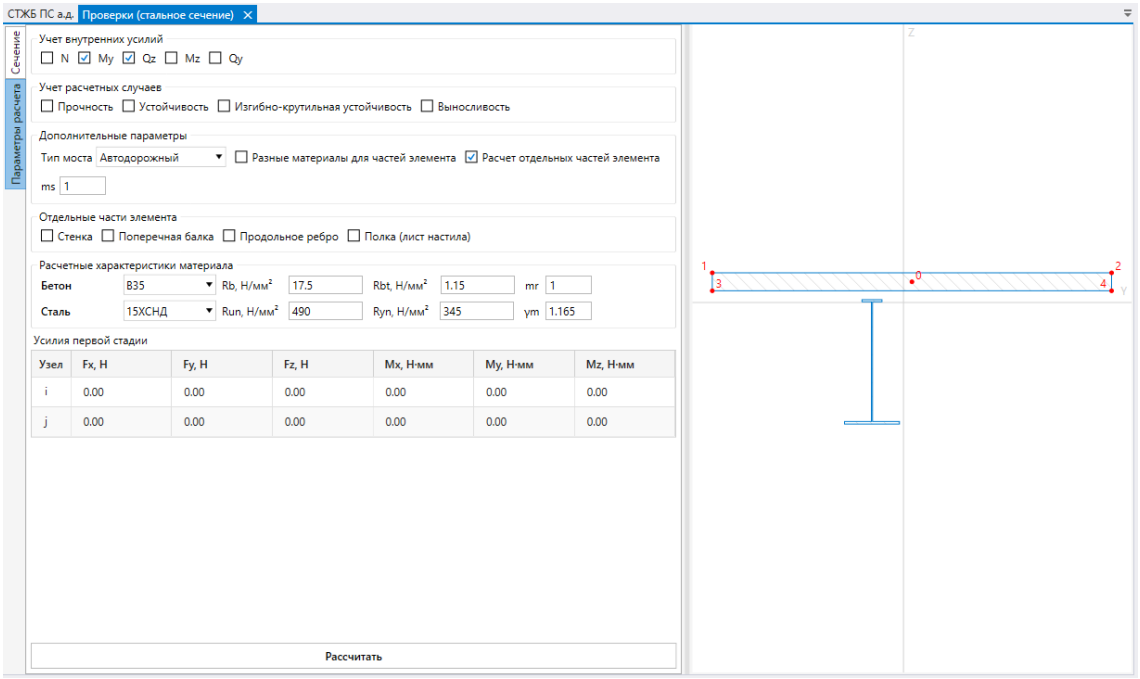


Рисунок 5.14– Окно проверки стального сечения

После задания параметров расчета, активируйте расчет соответствующей командой. Программа выполняет расчет для всех указанных частей элемента и расчетных случаев по методике СП 35.13330.2011.

Вкладка «Результаты» становится доступна после успешного расчёта. Таблица результатов содержит: название результата расчёта и коэффициент использования (отношение действующей усилия к несущей способности) или класс транспортного средства. Выделите одну или несколько строк в таблице и нажмите кнопку «Отчёт» для формирования документа в формате *.docx.





ПАРИС

Автоматизация расчетов ИССО

КОНТАКТЫ
ООО "Парис Софт"
г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191/3
+7 (383) 383-43-23
info@paris-app.ru