

# ПАРИС

Руководство пользователя

ООО «ПАРИС СОФТ»  
[www.paris-app.ru](http://www.paris-app.ru)

2024

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПАРИС (v. 1.4.4). Руководство пользователя ПАРИС – программный комплекс для расчета и проектирования мостов и гражданских конструкций общего вида.

Авторы:

Жунев Кирилл Олегович

Засухин Илья Витальевич

Картавых Евгений Викторович

Руководство пользователя содержит обширную информацию по графическому интерфейсу и внутреннему устройству программного комплекса ПАРИС. Руководство пользователя является дополнением к справочной системе внутри ПАРИС.

Руководство пользователя применяется в случаях, когда пользователь не знает или сомневается в той или иной реализации внутри программного комплекса при решении различных задач, в том числе с применением специальных модулей, предназначенных как для быстрого создания конечно-элементных моделей, так и для выполнения проверок по предельным состояниям по нормам проектирования стальных, железобетонных и сталежелезобетонных элементов мостовых конструкций. Описание графического интерфейса содержит информацию по созданию расчетных моделей, установке граничных условий, загрузению статическими и подвижными нагрузками, выполнению расчета.

Руководство содержит информацию по библиотеке конечных элементов, применяемых в программном комплексе.

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

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	3
1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ .....	7
1.1 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ .....	7
1.2 РЕГИСТРАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.....	7
1.3 РАБОТА В ЛИЧНОМ КАБИНЕТЕ ПОРТАЛА .....	8
1.4 УСТАНОВКА ПК ПАРИС .....	9
1.5 ЗАЩИТА ПРОГРАММЫ ПК ПАРИС .....	10
1.6 РАСПОЗНАВАНИЕ ФАЙЛОВ ВВОДА/ВЫВОДА .....	10
1.7 ПЕРВЫЙ ЗАПУСК.....	11
2 ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА. СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ .....	12
2.1 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНТЕРФЕЙСА.....	12
2.2 СОЗДАНИЕ НОВОЙ МОДЕЛИ.....	14
2.3 СОХРАНЕНИЕ МОДЕЛИ.....	14
2.4 ОТКРЫТИЕ МОДЕЛИ.....	15
2.5 РАБОТА С УЗЛАМИ И ЭЛЕМЕНТАМИ .....	16
2.5.1 Создать узел	17
2.5.2 Переместить узел	17
2.5.3 Копировать узел	18
2.5.4 Повернуть узел	18
2.5.5 Отразить узел	19
2.5.6 Удалить узел	20
2.5.7 Перенумеровать узел	20
2.5.8 Создать элемент	21
2.5.9 Переместить элемент	22
2.5.10 Копировать элемент	22
2.5.11 Повернуть элемент	23
2.5.12 Отразить элемент	24
2.5.13 Разделить элемент	24

2.5.14	Удалить элемент	25
2.5.15	Обновить свойства элемента	25
2.5.16	Перенумеровать элемент	26
2.5.17	Группа узлов и элементов	26
2.5.18	Группы плит Буссинеска	27
2.6	СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ.....	28
2.6.1	Создать материал	28
2.6.2	Создать грунт	29
2.6.3	Группы грунтов	30
2.6.4	Создать простое сечение	31
2.6.5	Создать произвольное сечение	38
2.6.6	Создать составное сечение	40
2.6.7	Смещение сечения	41
2.6.8	Создать толщину	44
2.7	СВЯЗИ И ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ .....	44
2.7.1	Опоры	45
2.7.2	Одноузловые связи	46
2.7.3	Двухузловые связи	47
2.7.4	Жесткие связи	48
2.8	ОБЩИЕ СТАТИЧЕСКИ НАГРУЗКИ .....	48
2.8.1	Вариант статического нагружения	49
2.8.2	Собственный вес	50
2.8.3	Узловые нагрузки	51
2.8.4	Узловые перемещения	52
2.8.5	Распределенные нагрузки на балочные/вантовые элементы	53
2.8.6	Распределенные нагрузки на плитные элементы	54
2.9	СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ .....	55
2.9.1	Нагрузка от навала судов	56
2.9.2	Ледовая нагрузка	57

2.9.3	Ветровая нагрузка	59
2.9.4	Давление грунта	62
2.10	ПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ .....	63
2.10.1	Транспортное средство (ТС)	63
2.10.2	Автодорожная нагрузка	64
2.10.3	Железнодорожная нагрузка	66
2.10.4	Пешеходная нагрузка	66
2.10.5	Дополнительные параметры ТС	66
2.10.6	Каталог транспортных средств	67
2.10.7	Поверхность движения	67
2.10.8	Вариант загрузки подвижной нагрузкой	68
2.11	СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ .....	70
2.11.1	Узловые массы	70
2.11.2	Задание расчета	71
2.11.3	Результаты расчета	72
2.12	СОЧЕТАНИЯ НАГРУЗОК.....	73
2.13	ВОЗМОЖНОСТИ ГРАФИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ.....	76
2.13.1	Панель быстрого доступа	76
2.13.2	Вкладка ленты Вид	76
2.13.3	Панель графических инструментов	77
2.13.4	Обозреватель модели	78
2.13.5	Табличное редактирование	79
3	АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА.....	82
3.1	ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА .....	82
3.1.1	Результаты по реакциям	82
3.1.2	Результаты по узлам	83
3.1.3	Результаты по стержневым элементам. Внутренние усилия	84
3.1.4	Результаты по стержневым элементам. Напряжения	85
3.1.5	Результаты по плитным элементам. Узловые внутренние усилия	86
3.1.6	Результаты по плитным элементам. Погонные внутренние усилия	87

3.1.7	Результаты по плитным элементам. Напряжения	89
3.1.8	Результаты форм колебаний	90
3.1.9	Табличный просмотр результатов	91
3.2	ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ .....	91
3.2.1	Поверхность влияния реакций. Экстремальное положение ТС	92
3.2.2	Поверхность влияния перемещений. Экстремальное положение ТС	93
3.2.3	Поверхность влияния усилий в стержнях. Экстремальное положение ТС	94
3.2.4	Поверхность влияния усилий в плитах. Экстремальное положение ТС	96
3.2.5	Поверхность влияния напряжений в плитах. Экстремальное положение ТС	97
4	МАСТЕР КОНСТРУКЦИЙ.....	99
4.1	ОПОРА .....	99
5	ПРОВЕРКИ .....	104
5.1	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР.....	104
5.1.1	Массивный фундамент	106
5.1.2	Свайный фундамент	107
5.2	ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	110

## 1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ

### 1.1 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

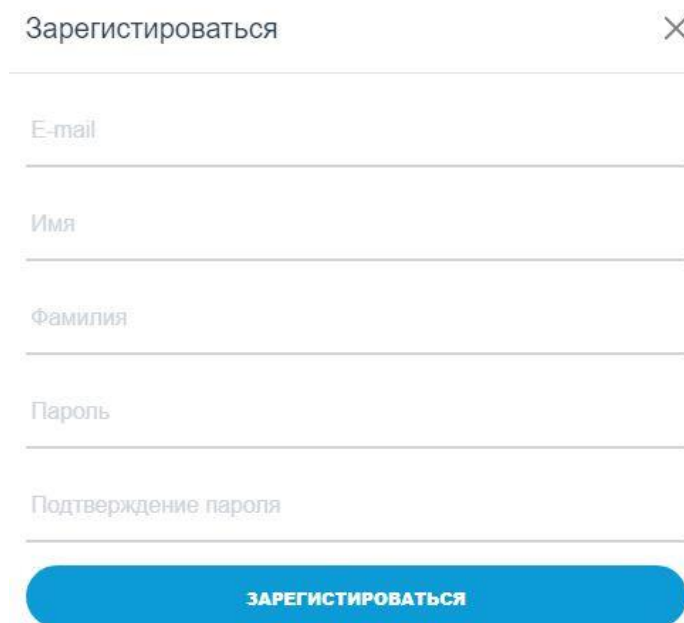
Требования к техническим средствам в отличие от многих аналогичных программных комплексов не зависят от объема решаемых с применением ПК ПАРИС задач. Все основные расчеты выполняются на высокопроизводительном сервере. Ниже приведены минимальные и рекомендуемые требования к аппаратному обеспечению для функционирования программного комплекса 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	70 Мб	
Свободное место на диске для рабочих файлов	Не менее 100 Мб	

### 1.2 РЕГИСТРАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Для работы ПК ПАРИС каждый пользователь должен пройти регистрацию на сайте <https://paris-app.ru/>. Для регистрации необходимо указать адрес электронной почты, имя, фамилию, задать и повторить пароль. После завершения регистрации пользователю на указанную электронную почту придет письмо с подтверждением.



Зарегистрироваться

E-mail

Имя

Фамилия

Пароль

Подтверждение пароля

**ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬСЯ**

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

### 1.3 РАБОТА В ЛИЧНОМ КАБИНЕТЕ ПОРТАЛА

После регистрации пользователю станет доступен Личный кабинет по адресу <https://paris-app.ru/manage>, в котором происходит управление личными данными, лицензионными договорами и доступными конечно-элементными моделями. В Личном кабинете пользователь может активировать Демо-контракт и получить доступ ко всем возможностям ПК ПАРИС на 30 дней бесплатно.

В личном кабинете доступны следующие вкладки:

- настройки профиля (см. Рисунок 1.2);
- обозреватель моделей (см. Рисунок 1.3).

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

Пользователь, выступающий в роли администратора организации (пользователь, подавший заявку на создание первого договора от организации), имеет доступ к просмотру и редактированию данных организации, списка активных договоров и списка пользователей, привязанных к лицензионным договорам.



**ПРОФИЛЬ**

МОИ МОДЕЛИ

ВЫХОД

### Профиль

Общие данные

Имя: Кирилл      Фамилия: Жунев      Отчество: Отчество

E-mail: wadmin1@gmail.com      Телефон: Телефон

**СОХРАНИТЬ**

### Организации пользователя

Вы как физ. лицо  
[активный контракт отсутствует]

ООО "ПАРИС СОФТ"  
[активный контракт отсутствует]

### Сменить пароль

Текущий пароль: \_\_\_\_\_

Новый пароль: \_\_\_\_\_      Подтверждение нового пароля: \_\_\_\_\_

**ИЗМЕНИТЬ ПАРОЛЬ**

Рисунок 1.2 – Форма настроек профиля на сайте <https://paris-app.ru>

ПРОФИЛЬ

**МОИ МОДЕЛИ**

ВЫХОД

### Модели

Название	Дата последнего расчета
Новая модель	23.09.2024
Новая модель	19.09.2024
ЖД мост	12.09.2024
Новая модель	22.08.2024
консоль сейсмика	22.08.2024
Новая модель	21.08.2024
Модель_Кемерово	24.06.2024

< 1 2 3 ... 7 >

Рисунок 1.3 – Форма обозреватель моделей пользователя на сайте <https://paris-app.ru>

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

## 1.4 УСТАНОВКА ПК ПАРИС

Программа установки (инсталляции) выполняет все необходимые действия для быстрого развертывания ПК ПАРИС на персональном компьютере пользователя.

Для установки программы необходимо запустить файл ParisSetup.msi, расположенный в скаченном архиве. 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 ПК ПАРИС

Для надежной защиты ПК ПАРИС на условиях, оговоренных при передаче лицензии, за пользователем закрепляется одно или несколько рабочих мест. Идентификация рабочего места происходит при первом запуске расчета конечно-элементной модели. Если за пользователем закреплено только одно рабочее место, то попытка создать модель 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
  
- \*.rs Файл создается автоматически при выполнении команды расчета и хранит в себе результаты расчета.

## 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 и наличии действующей лицензии все доступные пользователю функции и модули автоматически активируются. Настройка входа расположена в учетной записи пользователя. В главном меню выбрать Файл > Учетная запись > Войти. При повторном запуске данные будут заполняться автоматически.

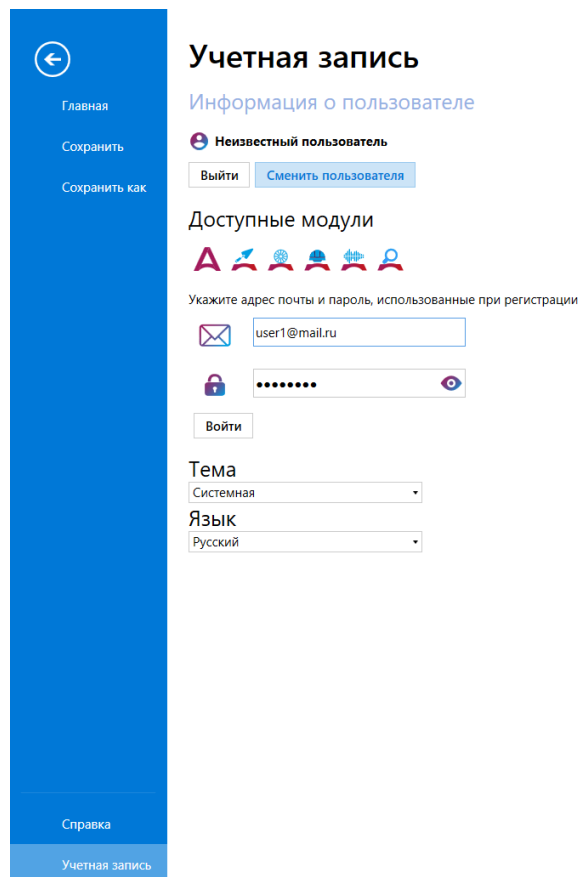


Рисунок 1.4 – Учетная запись пользователя в ПК ПАРИС

## 2 ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА. СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

### 2.1 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНТЕРФЕЙСА

ПК ПАРИС содержит различные системы меню и окон, создающие дружелюбную к пользователю рабочую среду, оптимизированную для ОС Windows.

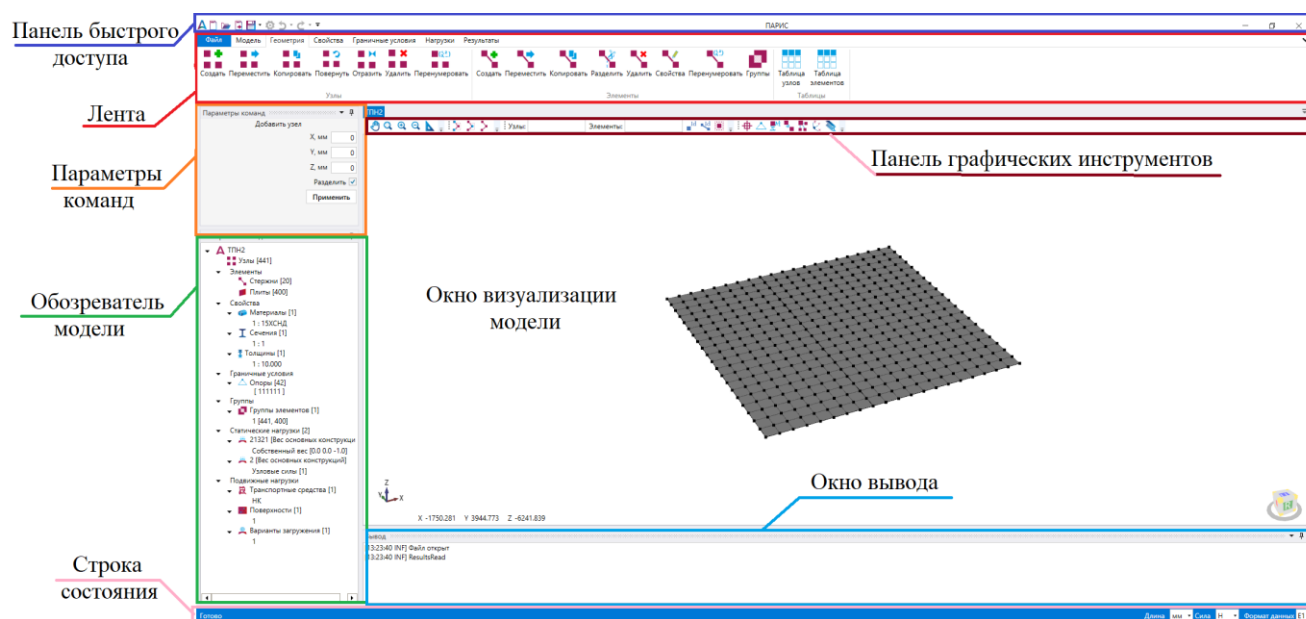


Рисунок 2.1– Рабочее окно ПК ПАРИС

Рабочее окно программы состоит из следующих элементов управления:

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 панель быстрого доступа. Для этого необходимо вызвать контекстное меню путем нажатия правой кнопкой мыши на выбранной вкладке и выполнить команду «Добавить на панель быстрого доступа».

Лента — панель, разделенная вкладками, на которых логически сгруппированы основные инструменты и элементы управления, предназначенные для вызова команд ПК ПАРИС. 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.

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.)

Параметры команд – адаптивная панель, которая автоматически подстраивается под текущие операции пользователя в зависимости от выбранной команды.

Обозреватель модели - древовидное меню упорядочено в соответствии с процедурой ввода данных для расчета и позволяет выполнять соответствующие команды, что позволяет даже новичку выполнять безошибочный ввод данных. Систематизирует данные моделирования, расчета, проектирования и вывода результатов. Контекстное меню можно открыть правым щелчком в обозревателе модели. Контекстное меню содержит часто используемые функции, перечень которых зависит от текущего этапа работы, выбранных примитивов и места его вызова.

Окно визуализации модели – основное окно, в котором формируется расчетная схема, задаются нагрузки, выводятся результаты расчета и т.д.

Окно вывода отображает различную информацию, предупреждения и сообщения об ошибках в ходе процесса моделирования.

Окно таблицы отображает различные исходные данные и результаты расчета в табличном виде, аналогичном MS-Excel. В Окне таблицы можно редактировать и добавлять узлы, элементы, связи и нагрузки. Таблица совместима с большинством коммерчески доступных программ для работы с таблицами, включая MS-Excel.

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. При запуске расчета конечно-элементной модели в левой части строки состояния будет отображаться ход выполнения расчета.

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


Параметры команд, Обзорщик модели и Вывод могут быть размещены в любой части окна ПАРИС, или скрыты/отображены при выборе опции "Скрывать Автоматически".

Все пользовательские настройки будут сохранены и использованы при следующем запуске ПК 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 ПК ПАРИС 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 ПК ПАРИС
- JSON file – файл с разрешением \*.json. Формат хранения модели в объеме, необходимом только для выполнения расчетов модели.
- Wavefront file – файл с разрешением \*.obj. Формат хранения модели в виде трехмерного изображения, сохраненного в универсальном формате описания 3D-графики, который был разработан компанией Wavefront Technologies. Файл содержит геометрию 3D-модели.
- STereoLithography file – файл с разрешением \*.stl. Формат хранения модели в виде трехмерного изображения, широко используемого в аддитивных технологиях. Один из самых распространённых форматов обмена полигональной геометрией между CAD-системами.

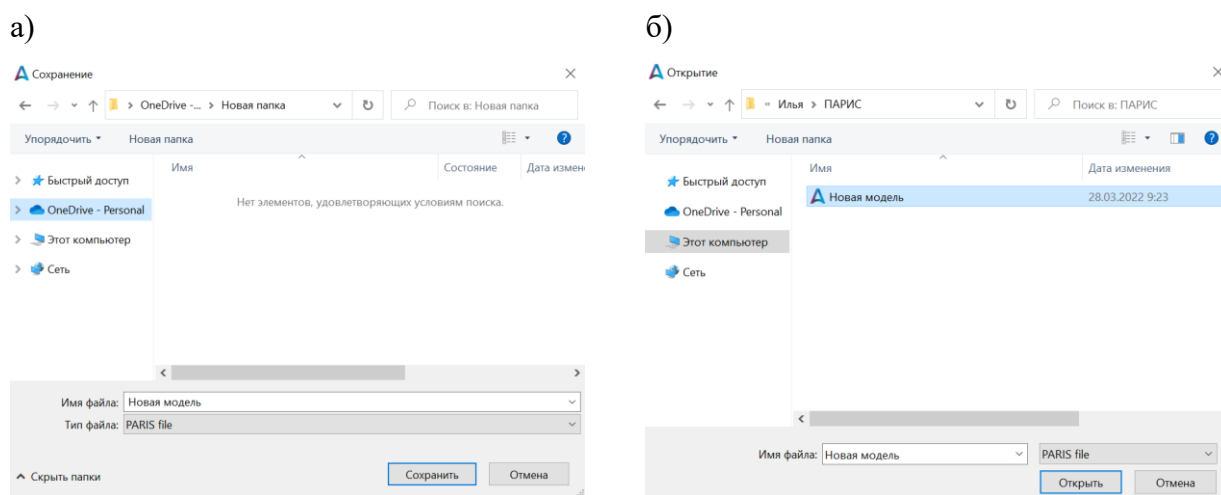



Рисунок 2.2 - Диалоговое окно:

а) сохранения модели в ПК ПАРИС; б) открытия модели в ПК 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 ПК ПАРИС
- MIDAS file – файл с разрешением \*.mct. Один из форматов хранения модели, созданной в программном комплексе MIDAS Civil. Совместим с моделями, экспортированными в программах версий MIDAS Civil 2019 и старше.
- DXF file – файл с разрешением \*.dxf. Открытый стандарт для обмена графической информацией в векторном формате между приложениями САПР.

## 2.5 РАБОТА С УЗЛАМИ И ЭЛЕМЕНТАМИ

Для добавления узлов и элементов к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия (рисунок 2.3)

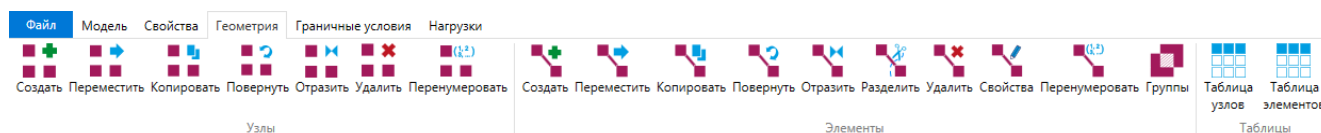


Рисунок 2.3 – Вкладка ленты Геометрия

Для создания расчетной модели существуют такие команды:

- |  |  |
|--|--|
| • Создать узлы.                              | • Создать элементы.                              |
| • Переместить узлы.                          | • Переместить элементы.                          |
| • Копировать узлы.                           | • Копировать элементы.                           |
| • Повернуть узлы.                            | • Разделить элементы.                            |
| • Отразить узлы.                             | • Повернуть элементы.                            |
| • Удалить узлы.                              | • Отразить элементы.                             |
| • Перенумеровать узлы.                       | • Разделить элементы.                            |
| • Просмотр и редактирование узлов в таблице. | • Удалить элементы.                              |
|  | • Обновить свойства элементов.                   |
|  | • Перенумеровать элементы.                       |
|  | • Задать группы элементов.                       |
|  | • Просмотр и редактирование элементов в таблице. |



### 2.5.1 Создать узел

Для добавления узлов в расчетную модель необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Создать узлы. Откроется окно Параметров команд с названием «Добавить узел» (см. Рисунок 2.4)

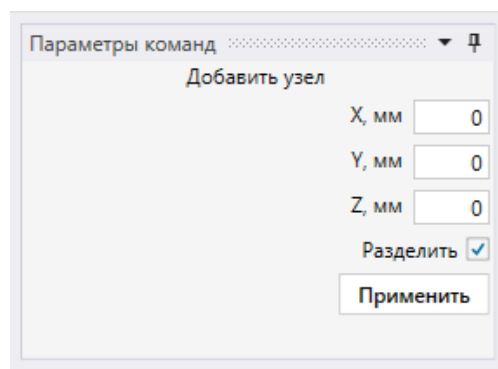


Рисунок 2.4 – Команда «Добавить узел»

Введите координаты X, Y, Z нового узла относительно ГСК (глобальной системы координат) в активных единицах измерения.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

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.

### 2.5.2 Переместить узел

Для перемещения узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Переместить узлы. Откроется окно Параметров команд с названием «Переместить узел» (см. Рисунок 2.5)

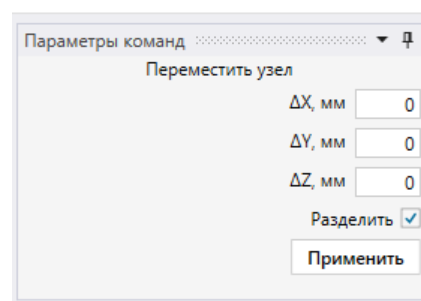


Рисунок 2.5 – Команда «Переместить узел»

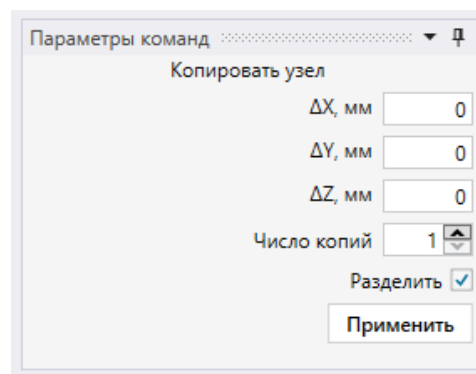
Выберите узлы для перемещения. Введите смещение координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  выбранных узлов относительно ГСК (глобальной системы координат) в активных единицах измерения.

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.

### 2.5.3 Копировать узел

Для копирования узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Копировать узлы. Откроется окно Параметров команд с названием «Копировать узел» (см. Рисунок 2.6) Рисунок 2.6– Команда «Копировать узел»



Выберите узлы для копирования. Введите смещение координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  выбранных узлов относительно ГСК (глобальной системы координат) в активных единицах измерения.

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.

### 2.5.4 Повернуть узел

Для поворота узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Повернуть узлы. Откроется окно Параметров команд с названием «Повернуть узел» (см. Рисунок 2.7)

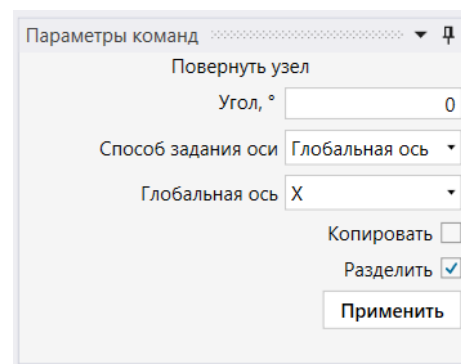


Рисунок 2.7 – Команда «Повернуть узел»

Выберите узлы для поворота. Задайте угол поворота в градусах. Выберите способ задания оси вращения (ось глобальной системы координат или пользовательская ось вращения по двум узлам). При выборе пользовательской оси вращения активируйте метод задания оси поворота путем нажатия левой кнопки мыши в поле «Узлы оси». Выберите два узла, образующих ось вращения. Угол

поворота положителен при повороте узлов по часовой стрелке при взгляде по направлению оси. Для задания оси вращения в поле «Узлы оси» можно ввести номера двух узлов, разделив их пробелом, и активировать команду, нажав кнопку «Применить».

При необходимости копирования узлов установите флажок «Копировать». По умолчанию флажок всегда неактивен. Выбранные узлы при этом не переместятся.

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.

### 2.5.5 Отразить узел

Для отражения узлов расчетной модели относительно некой плоскости необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Отразить узлы. Откроется окно Параметров команд с названием «Отразить узел» (см. Рисунок 2.8)

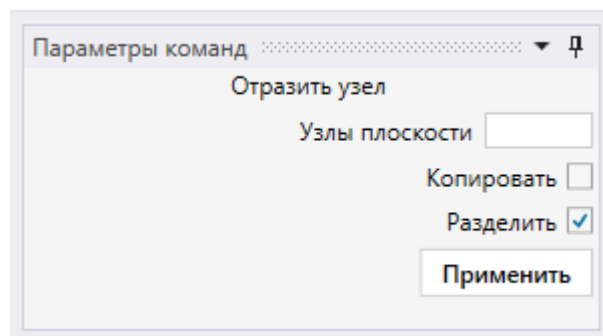


Рисунок 2.8– Команда «Отразить узел»

Выберите узлы для отражения. Активируйте метод задания плоскости отражения путем нажатия левой кнопки мыши в поле «3 узла». Выберите три узла, образующих плоскость (не лежащих на одной прямой).

При необходимости копирования узлов установите флажок «Копировать». По умолчанию флажок всегда неактивен. Выбранные узлы при этом не переместятся.

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.

### 2.5.6 Удалить узел

Для удаления узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Удалить узлы. Откроется окно Параметров команд с названием «Удалить узел» (см. Рисунок 2.9)

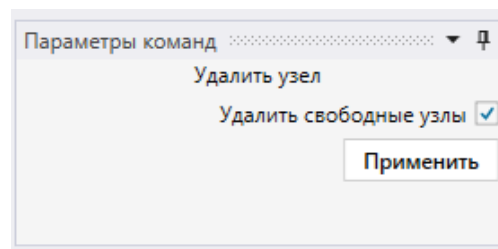


Рисунок 2.9 – Команда «Удалить узел»

Выберите узлы для удаления.

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».

### 2.5.7 Перенумеровать узел

Для перенумерации узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Перенумеровать узлы. Откроется окно Параметров команд с названием «Перенумеровать узел» (см. Рисунок 2.10)

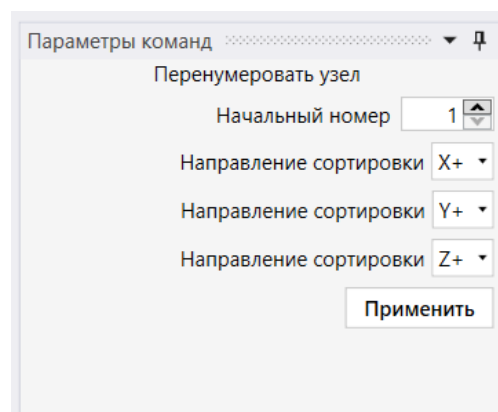


Рисунок 2.10 – Команда «Перенумеровать узел»

Выберите узлы для перенумерации. Задайте начальный номер, с которого будут начинаться перенумерованные узлы. Выберите приоритетность направления сортировки в ГСК (глобальной системе координат).

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

### 2.5.8 Создать элемент

Для добавления элементов в расчетную модель необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Создать элементы. Откроется окно Параметров команд с названием «Добавить элементы» (см. Рисунок 2.11).

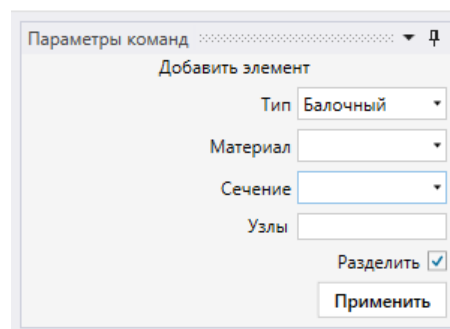


Рисунок 2.11 – Команда «Добавить элементы»

Выберите тип создаваемого элемента. ПК ПАРИС поддерживает следующие типы элементов:

- Балочный стержневой элемент.
- Ферменный стержневой элемент.
- Вантовый стержневой элемент.
- Плитный 3-х и 4-х узловой элемент тонкой плиты.
- Плитный 3-х и 4-х узловой специальный элемент типа «Буссинеска».

Выберите материал создаваемого элемента. При отсутствии в расчетной модели необходимого материала, задайте его (см. Раздел 2.6.1).

Для стержневых элементов выберите сечение создаваемого элемента. При отсутствии в расчетной модели необходимого сечения, задайте его (см. Главу 3).

Активируйте метод задания элементов путем нажатия левой кнопки мыши в поле «Узлы». Последовательно выберите узлы для создания активного типа элемента.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

### 2.5.9 Переместить элемент

Для перемещения узлов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Переместить элементы. Откроется окно Параметров команд с названием «Переместить элемент» (см. Рисунок 2.12).

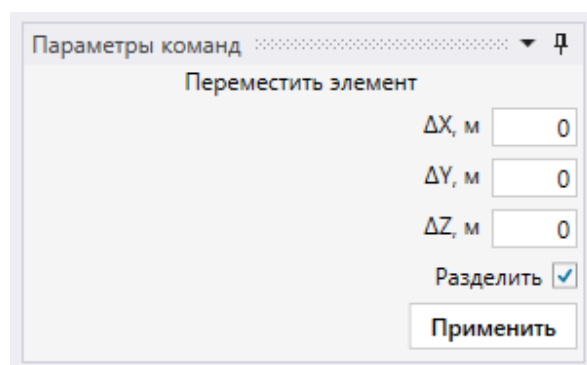


Рисунок 2.12 – Команда «Переместить элемент»

Выберите элементы для перемещения. Введите смещение координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  выбранных элементов относительно ГСК (глобальной системы координат) в активных единицах измерения.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

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

### 2.5.10 Копировать элемент

Для копирования элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Копировать элементы. Откроется окно Параметров команд с названием «Копировать элемент» (см. Рисунок 2.13).

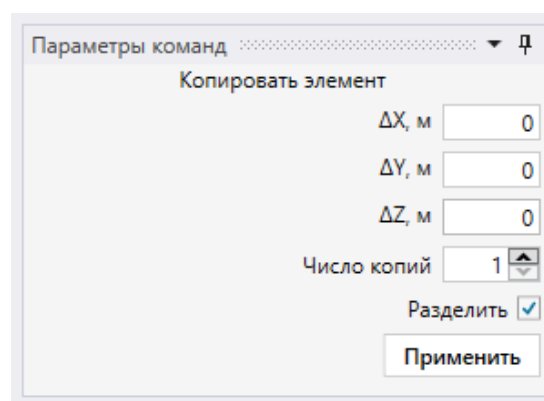


Рисунок 2.13 – Команда «Копировать элемент»

Выберите элементы для копирования. Введите смещение координат  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  выбранных элементов относительно ГСК (глобальной системы координат) в активных единицах измерения.

Введите число создаваемых копий элементов.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

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

### 2.5.11 Повернуть элемент

Для поворота элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Повернуть элементы. Откроется окно Параметров команд с названием «Повернуть элемент» (см. Рисунок 2.14)

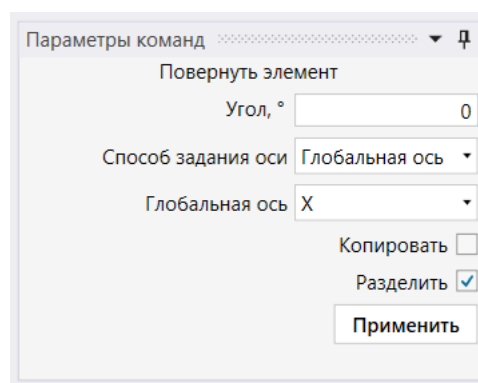


Рисунок 2.14 – Команда «Повернуть элемент»

Выберите элементы для поворота. Задайте угол поворота в градусах. Выберите способ задания оси вращения (ось глобальной системы координат или пользовательская ось вращения по двум узлам). При выборе пользовательской оси вращения активируйте метод задания оси поворота путем нажатия левой кнопки мыши в поле «Узлы оси». Выберите два узла, образующих ось вращения. Угол поворота положителен при повороте элементов по часовой стрелке при взгляде по направлению оси. Для задания оси вращения в поле «Узлы оси» можно ввести номера двух узлов, разделив их пробелом, и активировать команду, нажав кнопку «Применить».

При необходимости копирования элементов установите флажок «Копировать». По умолчанию флажок всегда неактивен. Выбранные элементы при этом не переместятся.

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

### 2.5.12 Отразить элемент

Для отражения элементов расчетной модели относительно некой плоскости необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Отразить элементы. Откроется окно Параметров команд с названием «Отразить элемент» (см. Рисунок 2.15)

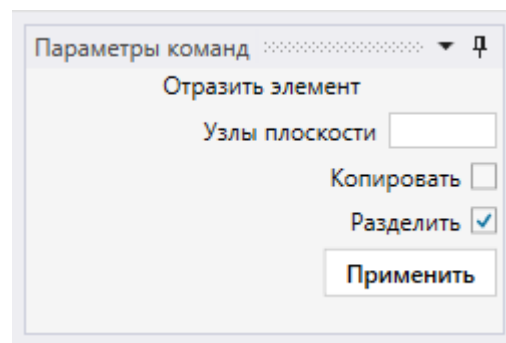


Рисунок 2.15 – Команда «Отразить элемент»

Выберите элементы для отражения. Активируйте метод задания плоскости отражения путем нажатия левой кнопки мыши в поле «3 узла». Выберите три узла, образующих плоскость (не лежащих на одной прямой).

При необходимости копирования элементов установите флажок «Копировать». По умолчанию флажок всегда неактивен. Выбранные элементы при этом не переместятся.

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

### 2.5.13 Разделить элемент

Для разделения элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Разделить элементы. Откроется окно Параметров команд с названием «Разделить элемент» (см. Рисунок 2.16).

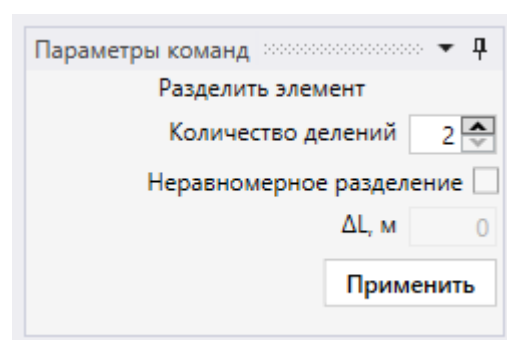


Рисунок 2.16 – Команда «Разделить элемент»

Выберите элементы для разделения. Введите количество разделений. При этом режиме элементы будут разделены на равные части.



При необходимости разделить элементы на неравные части, установите флажок «Неравномерное разделение» и введите цепочку длин создаваемых элементов. По умолчанию флажок всегда неактивен.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

#### 2.5.14 Удалить элемент

Для удаления элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Удалить элементы. Откроется окно Параметров команд с названием «Удалить элемент» (см. Рисунок 2.17).

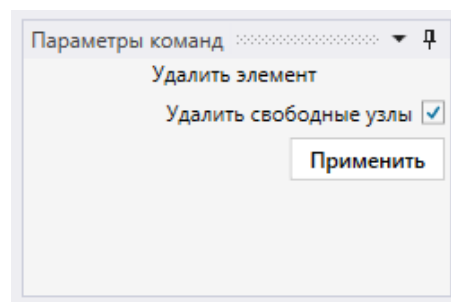


Рисунок 2.17 – Команда «Удалить элемент»

Выберите элементы для удаления.

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».

#### 2.5.15 Обновить свойства элемента

Для изменения свойств элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Свойства элементов. Откроется окно Параметров команд с названием «Обновить свойства» (см. Рисунок 2.18).

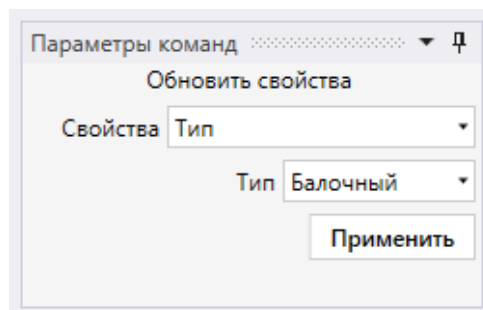


Рисунок 2.18 – Команда «Обновить свойства»

Выберите элементы для изменения свойств. Выберите изменяемое свойство из выпадающего списка (тип, материал, сечение, толщина, поворот локальной оси). Укажите новое значение свойства в соответствующем поле.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

### 2.5.16 Перенумеровать элемент

Для перенумерации элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Перенумеровать элементы. Откроется окно Параметров команд с названием «Перенумеровать элемент» (см. Рисунок 2.19).

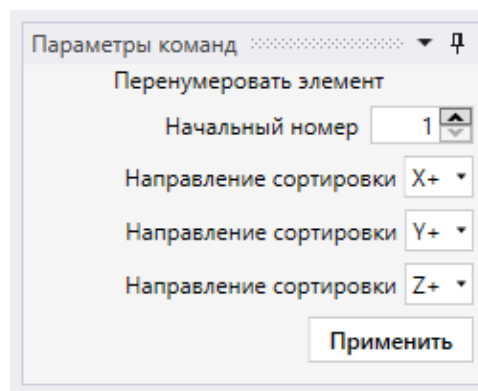


Рисунок 2.19 – Команда «Перенумеровать элемент»

Выберите элементы для перенумерации. Задайте начальный номер, с которого будут начинаться перенумерованные элементы. Выберите приоритетность направления сортировки в ГСК (глобальной системе координат).

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

### 2.5.17 Группа узлов и элементов

Для задания / редактирования группы элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Группы элементов. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать группы элементов» (см. Рисунок 2.20).

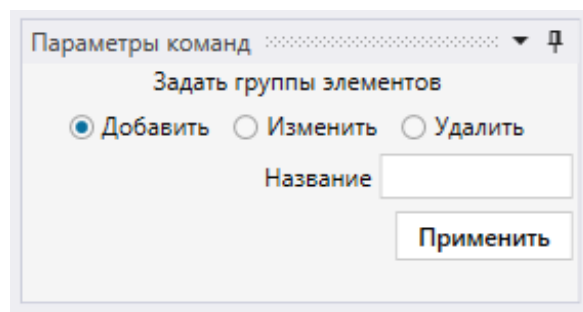


Рисунок 2.20 – Команда «Группы элементов»

Выберите узлы и элементы для группировки. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменения существующей группы, установите флажок «Изменить». В поле «Группы» выберите название изменяемой группы, при необходимости введите новое название в поле «Название». Выделите новые группируемые элементы. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки. Для добавления новых элементов в изменяемую группу нажмите кнопку «Добавить».

При необходимости удаления существующей группы, установите флажок «Удалить». В поле «Группы» выберите название удаляемой группы. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

### 2.5.18 Группы плит Буссинеска

Для задания / редактирования группы плит Буссинеска необходимо воспользоваться вкладкой ленты Геометрия и далее командой Группы плит Буссинеска, которая открывается внутри команды Группы элементов. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать группы плит Буссинеска» (см. Рисунок 2.21).

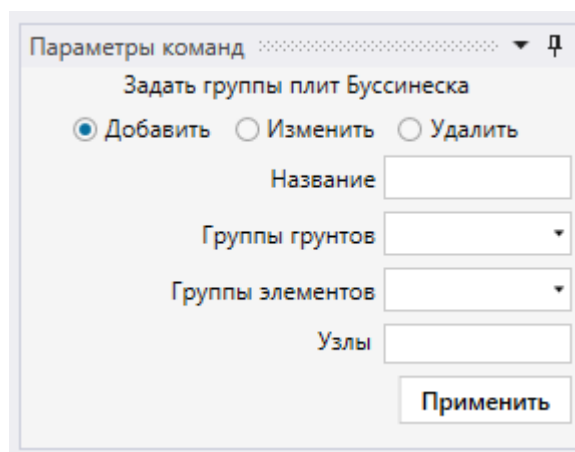


Рисунок 2.21 – Команда «Группы плит Буссинеска»

Выберите заранее созданную группу грунтов (см. п. 2.6.3 настоящего Руководства) и группу элементов, на которую будут передаваться усилия с плиты типа Буссинеска при наличии на ней временной нагрузки.

Выберите узлы и элементы для группировки. Если кроме плит Буссинеска будут выбраны и другие элементы, то в группу попадут только выбранные плиты Буссинеска. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

При необходимости изменения существующей группы, установите флажок «Изменить». В поле «Группы плит Буссинеска» выберите название изменяемой

группы, при необходимости введите новое название в поле «Название». Выделите новые группируемые элементы и при необходимости изменить другие параметры. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки. Для добавления новых элементов в изменяемую группу нажмите кнопку «Добавить».

При необходимости удаления существующей группы установите флажок «Удалить». В поле «Группы плит Буссинеска» выберите название удаляемой группы. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

## 2.6 СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ

Для добавления и редактирования свойств элементов необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства (см. Рисунок 2.22).

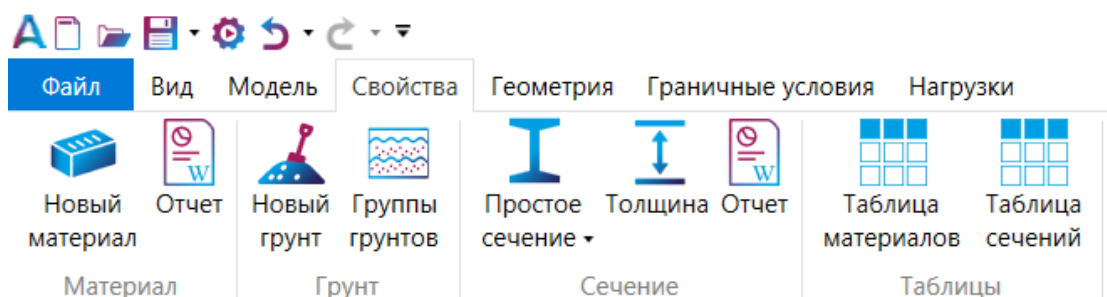


Рисунок 2.22 - Вкладка ленты Свойства

### 2.6.1 Создать материал

Для добавления нового материала к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Новый материал. В Панели выбора активного окна появится новая вкладка с название «Новый материал» (см. Рисунок 2.23).

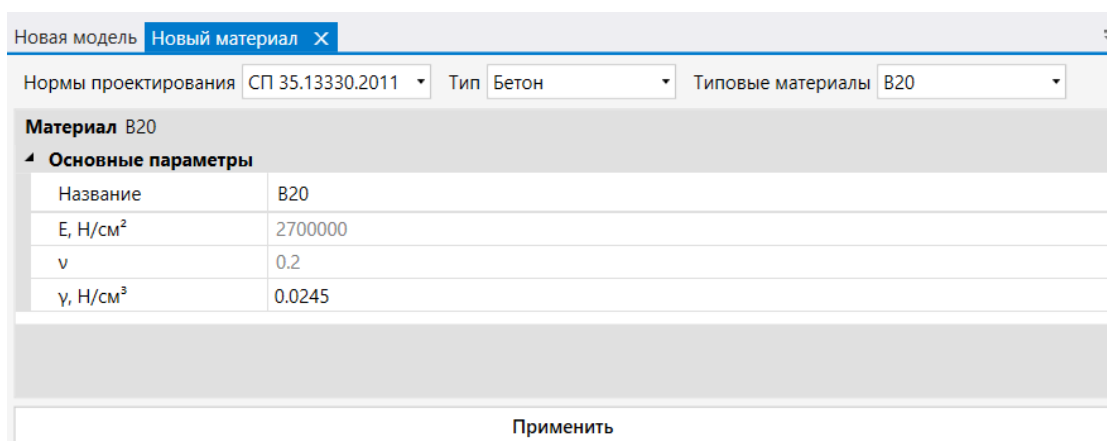


Рисунок 2.23 – Окно создания / редактирования материала

В ПК ПАРИС поддерживаются только линейные изотропные материалы.

В ПК ПАРИС доступен выбор материалов из базы данных в соответствии с выбранными нормами проектирования. В качестве типа материала необходимо указать «Бетон», «Сталь арматурная» или «Сталь прокатная». После этого будет доступен выбор типового материала. 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 для добавления материала к расчетной модели.

При необходимости изменения свойств созданного материала воспользуйтесь табличным редактором или с помощью контекстного меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.13.4).

## 2.6.2 Создать грунт

Для добавления нового грунта к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Новый грунт. В Панели выбора активного окна появится новая вкладка с названием «Новый грунт» (см. Рисунок 2.24). В зависимости от выбранного типа грунта необходимо заполнить следующие параметры:

Основные параметры	
Название	Песок разнозернистый с гравием и галькой
Тип грунта	Гравелистый песок
E, Н/мм <sup>2</sup>	42
ν, Н/мм <sup>3</sup>	4.3E-05
R <sub>0</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	0.343
Дополнительные параметры	
K, Н/мм <sup>4</sup>	0
e <sub>0</sub>	0.5
c <sub>0</sub> , °	40
K <sub>s</sub>	0
φ, %	10
S <sub>r</sub>	1.1727272727272726
II	0
I <sub>p</sub>	0

Рисунок 2.24 – Окно создания / редактирования грунта

- Название грунта. В данное текстовое поле вводится информация о грунте в произвольной форме.

- Тип грунта. Данный параметр необходим для выполнения проверочных расчетов фундаментов сооружений (см. Раздел 4).

- Обязательные характеристики – модуль упругости, удельный вес и условная прочность грунта.

- Дополнительные параметры. Для скальных грунтов обязательным дополнительным параметром является коэффициент трещиноватости. Для остальных типов грунтов необходимо заполнить все остальные данные. Показатель текучести и показатель пластичности используются только для глинистых грунтов. Степень влажности рассчитывается автоматически и недоступна для редактирования.

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

При необходимости изменения свойств созданного грунта воспользуйтесь табличным редактором или с помощью контекстного меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.13.4).

### 2.6.3 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 2.25).

В группе необходимо указать название группы, уровень поверхности верхнего слоя грунта (уровень естественной поверхности грунта) и задать послойно ранее созданные грунты с указанием отметки низа каждого слоя. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки.

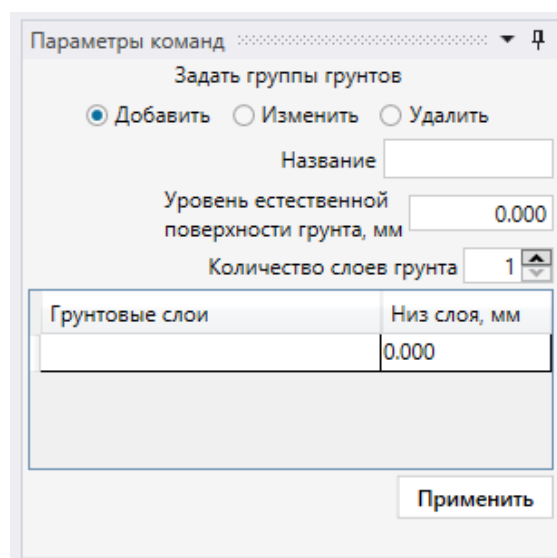


Рисунок 2.25 – Команда «Задать группы грунтов»

## 2.6.4 Создать простое сечение

Для добавления нового сечения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Простое сечение. В Панели выбора активного окна появится новая вкладка с названием «Новое сечение» (Рисунок 2.26).

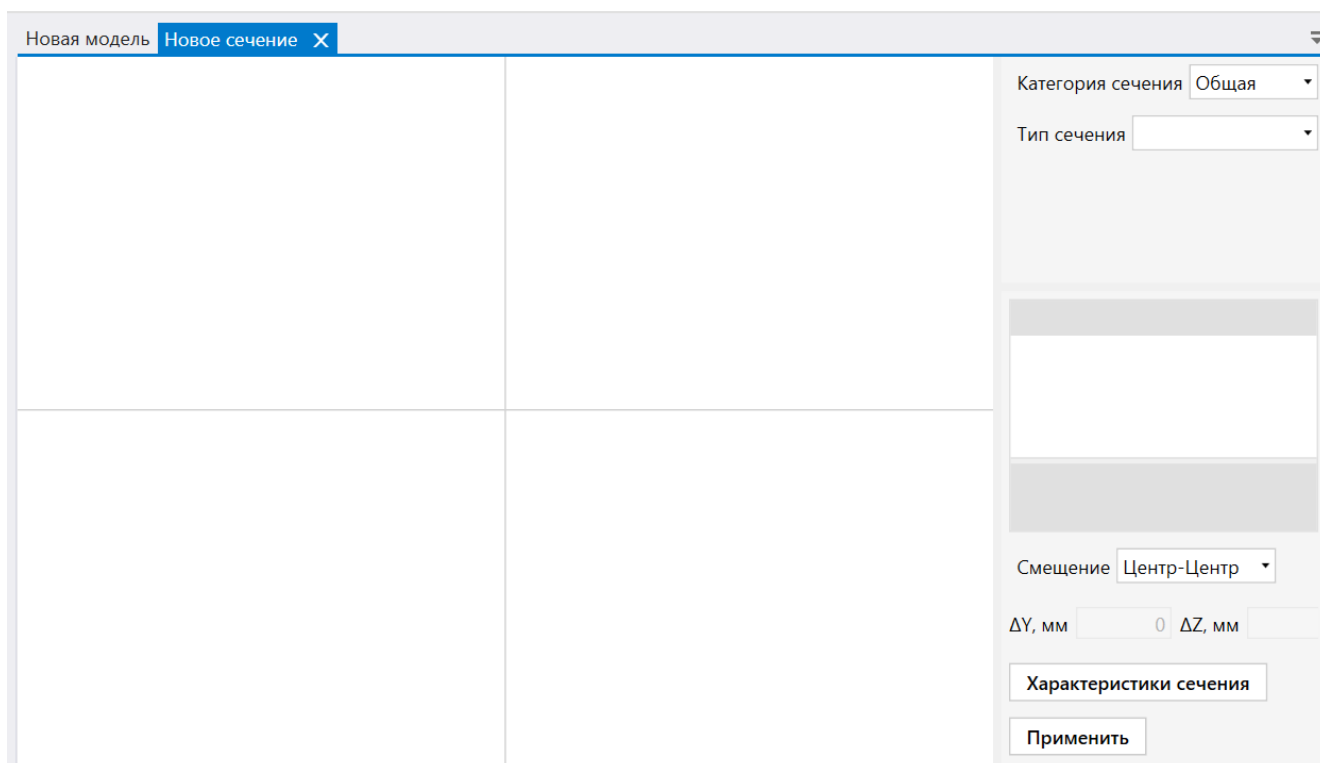


Рисунок 2.26 – Окно создания / редактирования простого сечения

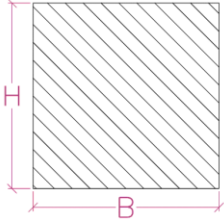
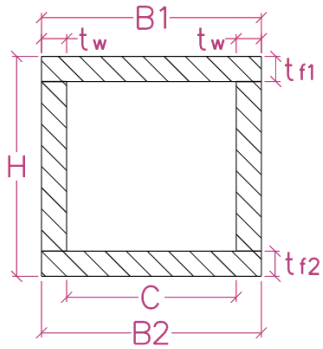
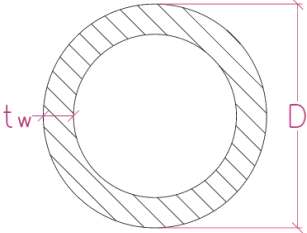
Каждое стандартное сечение должно иметь название, заполняемое в разделе «Общие параметры» (см. Рисунок 2.27). По умолчанию название дублирует тип создаваемого сечения. Для каждого сечения доступны функции поворота на произвольный угол и отражения относительно локальных осей.

▲ Общие параметры	
Название	Прямоугольник
Угол поворота, °	0
Отразить по оси Y	<input type="checkbox"/>
Отразить по оси Z	<input type="checkbox"/>
Положение	(0; 0)

Рисунок 2.27 – Общие параметры сечения

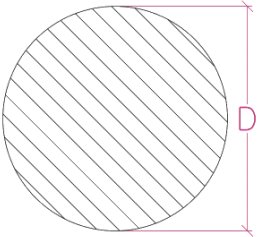
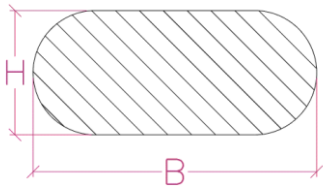
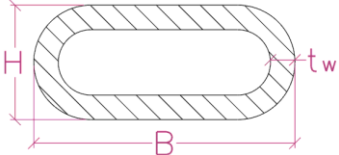
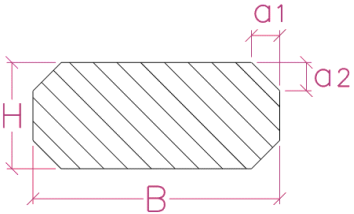
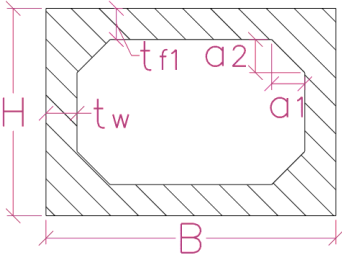
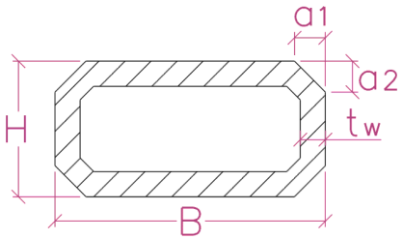
Для удобства выбора все стандартные сечения разбиты на категории, а категории – на типы:

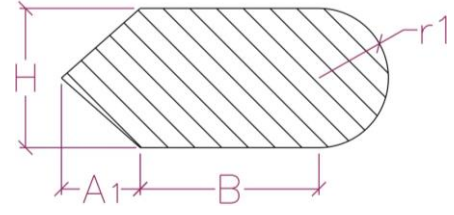
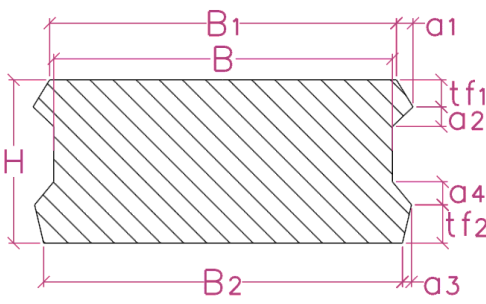
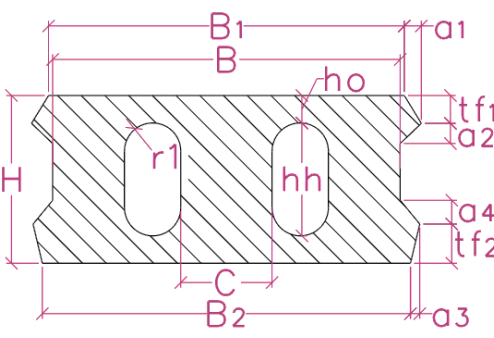
- Категория сечения «Общая». К данной категории относятся сечения, которые могут использоваться для элементов из разных материалов и их нельзя однозначно классифицировать.

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

- 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
<p><i>Круг</i>  <math>D</math> – диаметр</p>	
<p><i>Овал</i>  <math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота</p>	
<p><i>Овал пустотелый</i>  <math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота  <math>t_w</math> – толщина стенки</p>	
<p><i>Октаэдр</i>  <math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота  <math>a_1</math> – ширина фаски  <math>a_2</math> – высота фаски</p>	
<p><i>Октаэдр расширенный</i>  <math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота  <math>a_1</math> – ширина фаски  <math>a_2</math> – высота фаски  <math>t_w</math> – толщина стенки  <math>t_{f1}</math> – толщина полки</p>	
<p><i>Октаэдр пустотелый</i>  <math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота  <math>a_1</math> – ширина фаски  <math>a_2</math> – высота фаски  <math>t_w</math> – толщина стенки</p>	

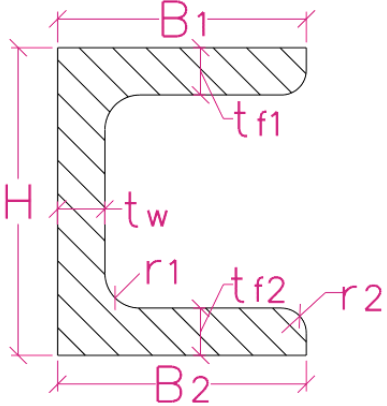
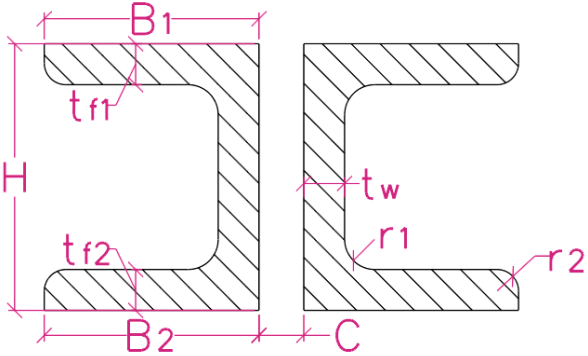
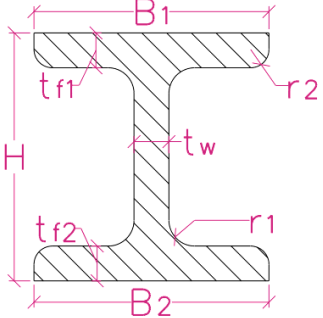
Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
<p><i>Пятиугольник</i></p> <p><math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота  <math>A_1</math> – ширина фаски  <math>r_1</math> – радиус закругления</p>	
<p><i>Ж/Б плитная балка</i></p> <p><math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота</p> <p><math>B_1</math> – ширина верхней полки  <math>B_2</math> – ширина нижней полки  <math>t_{f1}</math> – толщина верхней полки  <math>t_{f2}</math> – толщина нижней полки  <math>a_1</math> – ширина фаски  <math>a_2</math> – высота фаски  <math>a_3</math> – ширина второй фаски  <math>a_4</math> – высота второй фаски</p>	
<p><i>Ж/Б плитная пустотелая балка</i></p> <p><math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота</p> <p><math>B_1</math> – ширина верхней полки  <math>B_2</math> – ширина нижней полки  <math>t_{f1}</math> – толщина верхней полки  <math>t_{f2}</math> – толщина нижней полки  <math>a_1</math> – ширина фаски  <math>a_2</math> – высота фаски  <math>a_3</math> – ширина второй фаски  <math>a_4</math> – высота второй фаски  <math>C</math> – расстояние между отверстиями  <math>hh</math> – высота отверстия  <math>h0</math> – смещение отверстия  <math>r1</math> – радиус скругления отверстия</p>	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
<p><i>Ж/Б двутавровая балка</i></p> <p><math>B_1</math> – ширина верхней полки  <math>B_2</math> – ширина нижней полки  <math>t_w</math> – толщина стенки  <math>t_w'</math> – уширение стенки  <math>t_{f1}</math> – толщина верхней полки  <math>t_{f1}'</math> – уширение верхней полки  <math>t_{f2}</math> – толщина нижней полки  <math>k_1</math> – левая консоль  <math>k_2</math> – правая консоль  <math>a_1</math> – ширина верхнего вута  <math>a_2</math> – высота верхнего вута  <math>a_3</math> – ширина нижнего вута  <math>a_4</math> – высота нижнего вута  <math>a_5</math> – ширина фаски  <math>r_1</math> – радиус верхнего вута  <math>r_2</math> – радиус нижнего вута</p>	
<p><i>Ж/Б П-образная балка</i></p> <p><math>B</math> – ширина  <math>B_1</math> – ширина поверху  <math>B_2</math> – ширина понизу  <math>H</math> – высота  <math>t_w</math> – толщина стенки  <math>t_w'</math> – уширение стенки  <math>t_{f1}</math> – толщина верхней полки  <math>t_{f2}</math> – толщина нижней полки  <math>a_1</math> – ширина верхней фаски  <math>a_2</math> – высота верхней фаски  <math>a_3</math> – ширина нижней фаски  <math>a_4</math> – высота нижней фаски  <math>a_5</math> – ширина вута  <math>a_6</math> – высота вута  <math>r</math> – радиус вута  <math>hh</math> – высота отверстия  <math>h0</math> – смещение отверстия</p>	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
<p><i>Ж/Б тавровая балка</i></p> <p><math>B_1</math> – ширина полки  <math>t_w</math> – толщина стенки  <math>t_w'</math> – уширение стенки  <math>t_{f1}</math> – толщина полки  <math>t_{f1}'</math> – уширение полки  <math>k_1</math> – левая консоль  <math>k_2</math> – правая консоль  <math>a_1</math> – ширина вута  <math>a_2</math> – высота вута  <math>r_1</math> – радиус вута</p>	

- 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
<p><i>Уголок</i></p> <p><math>D</math> – диаметр</p>	
<p><i>Два уголка</i></p> <p><math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота</p>	

Наименование типа сечения и его параметров	Схематическое изображение
<p><i>Швеллер</i></p> <p><math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота  <math>t_w</math> – толщина стенки</p>	
<p><i>Два швеллера</i></p> <p><math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота  <math>a_1</math> – ширина фаски  <math>a_2</math> – высота фаски</p>	
<p><i>Двутавр</i></p> <p><math>B</math> – ширина  <math>H</math> – высота  <math>a_1</math> – ширина фаски  <math>a_2</math> – высота фаски  <math>t_w</math> – толщина стенки  <math>t_{f1}</math> – толщина полки</p>	

Для некоторых типов сечений доступны каталоги типовых профилей, сформированные по данным актуальных и упрядненных нормативных документов. Пример стандартного двутавра из сортамента металлопроката по ГОСТ 2620-83 приведен на Рисунок 2.28.

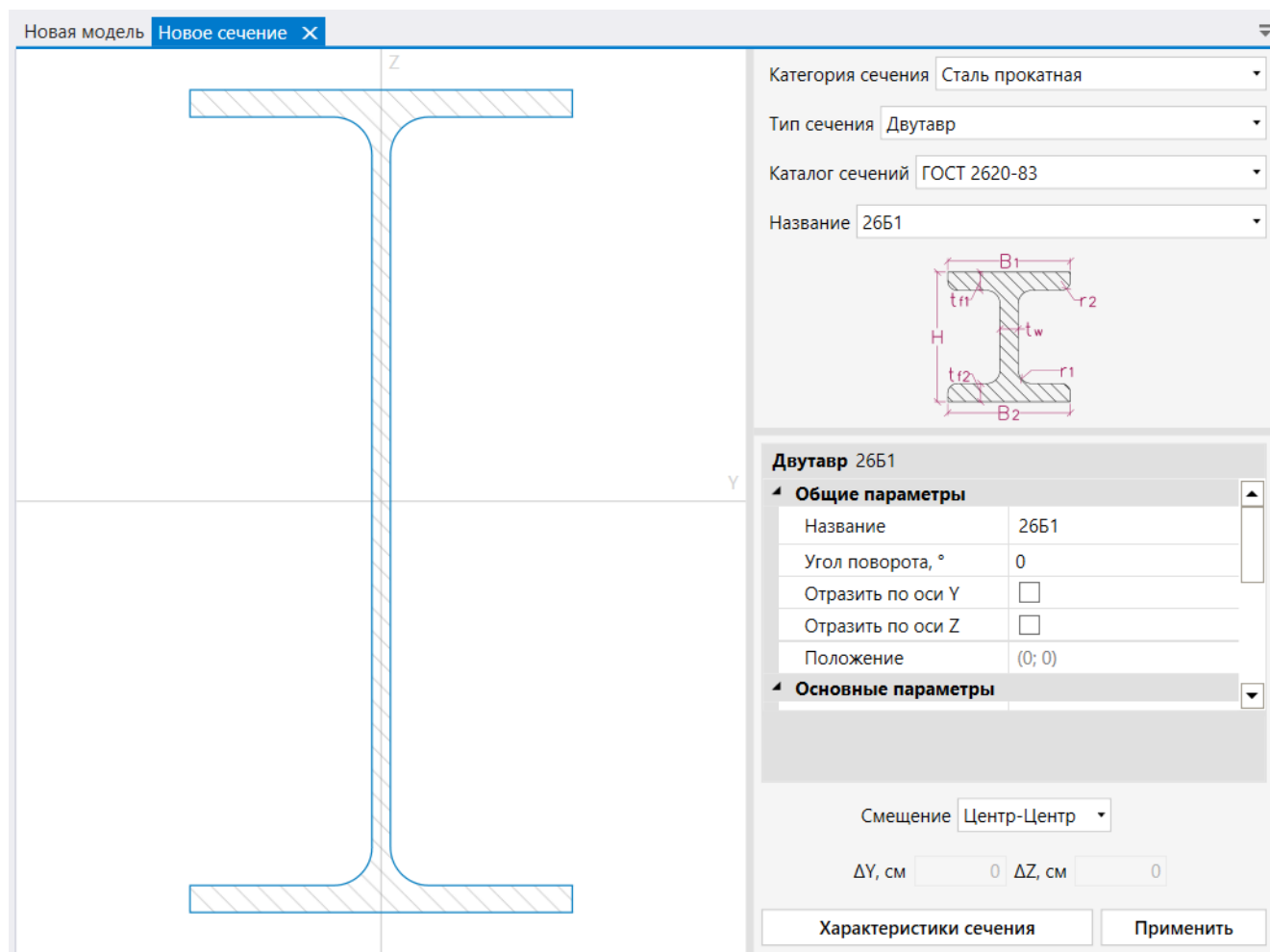


Рисунок 2.28 – Окно создания сечения с помощью данных из сортамента металлопроката

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

### 2.6.5 Создать произвольное сечение

Для добавления нового произвольного сечения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Произвольное сечение в выпадающем списке кнопки Простое сечение. В Панели

выбора активного окна появится новая вкладка с названием «Новое сечение» (см. Рисунок 2.30).

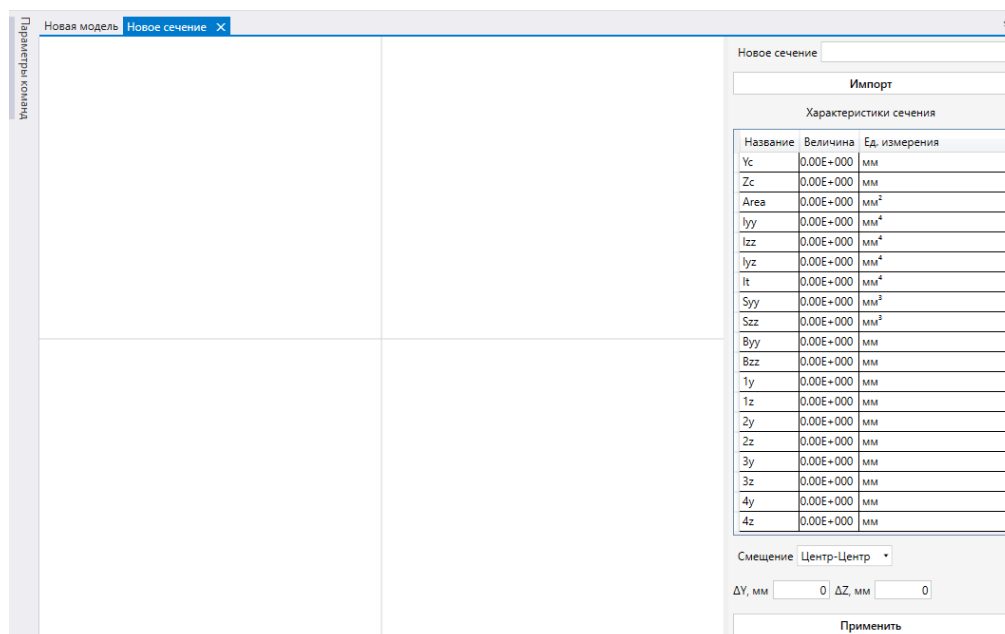


Рисунок 2.29 – Окно создания / редактирования произвольного сечения

В ПК ПАРИС поддерживается импорт произвольного замкнутого сечения без отверстий, созданного в сторонней САД-системе и сохраненном в формате \*.dxf. Внутри САД-системы сечение обязательно должно представлять собой замкнутую полилинию и иметь размеры в соответствии с активными единицами измерения в ПК ПАРИС.

Для осуществления импорта необходимо нажатие соответствующей кнопки. Откроется диалоговое окно выбора файла.

Название сечения заполняется автоматически по названию импортируемого файла. При необходимости введите или отредактируйте название.

В правой части активного окна появятся вычисленные характеристики произвольного сечения. При необходимости доступна возможность редактирования вычисленных параметров.

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

## 2.6.6 Создать составное сечение

Для добавления нового составного сечения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Составное сечение в выпадающем списке кнопки Простое сечение. В Панели выбора активного окна появится новая вкладка с названием «Новое сечение» (см. Рисунок 2.30).

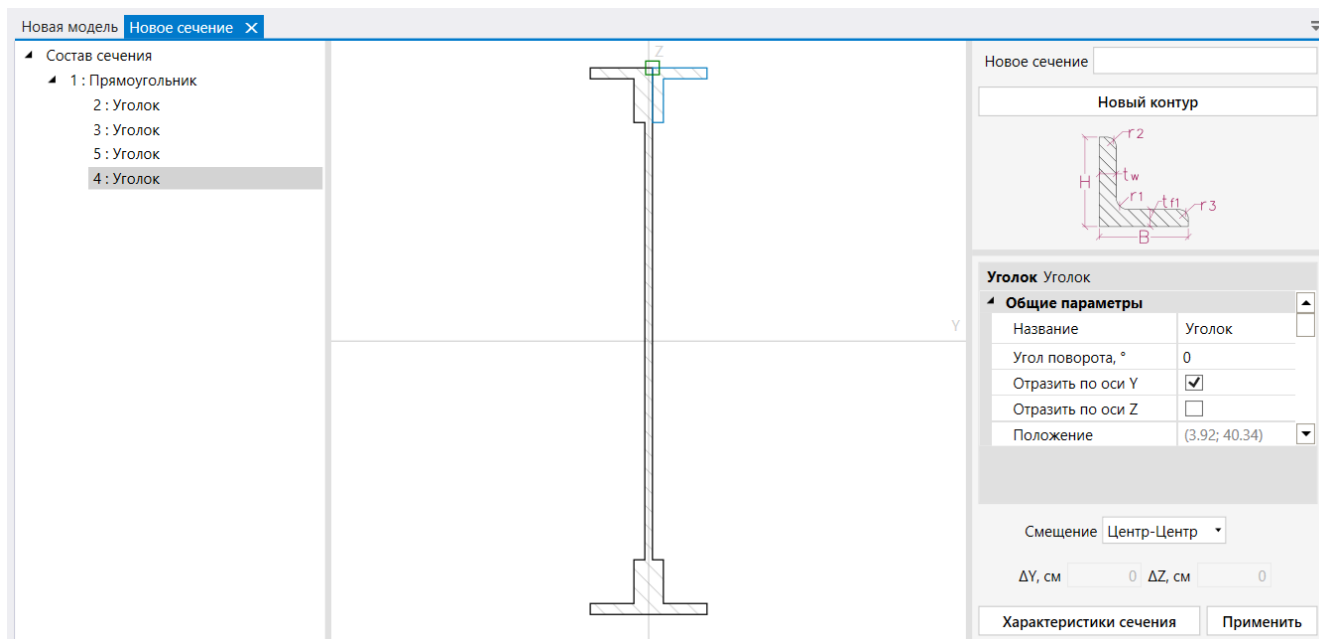


Рисунок 2.30 – Окно создания / редактирования составного сечения

В ПК 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 относительно 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. Стоит учитывать, что изменения параметров (размеров, угла поворота, смещения и т.п.) главного контура влияют и на параметры зависимых контуров.

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

#### 2.6.7 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  $\Delta Y$  и  $\Delta X$  (см. Рисунок 2.26).

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 2.31).

Если смещение назначено сечению, узловая нагрузка (P) остается добавленной к соответственному узлу, несмотря на смещение (см. Рисунок 2.32).

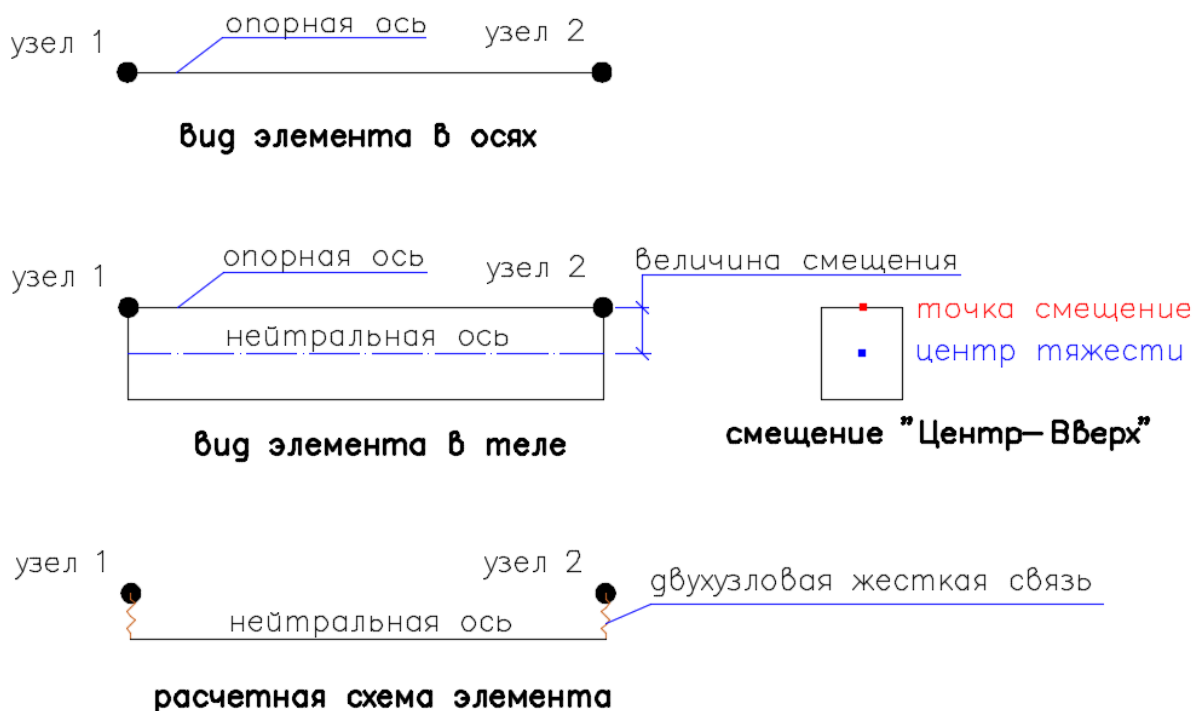


Рисунок 2.31 – Влияние смещения на расчетную схему элемента

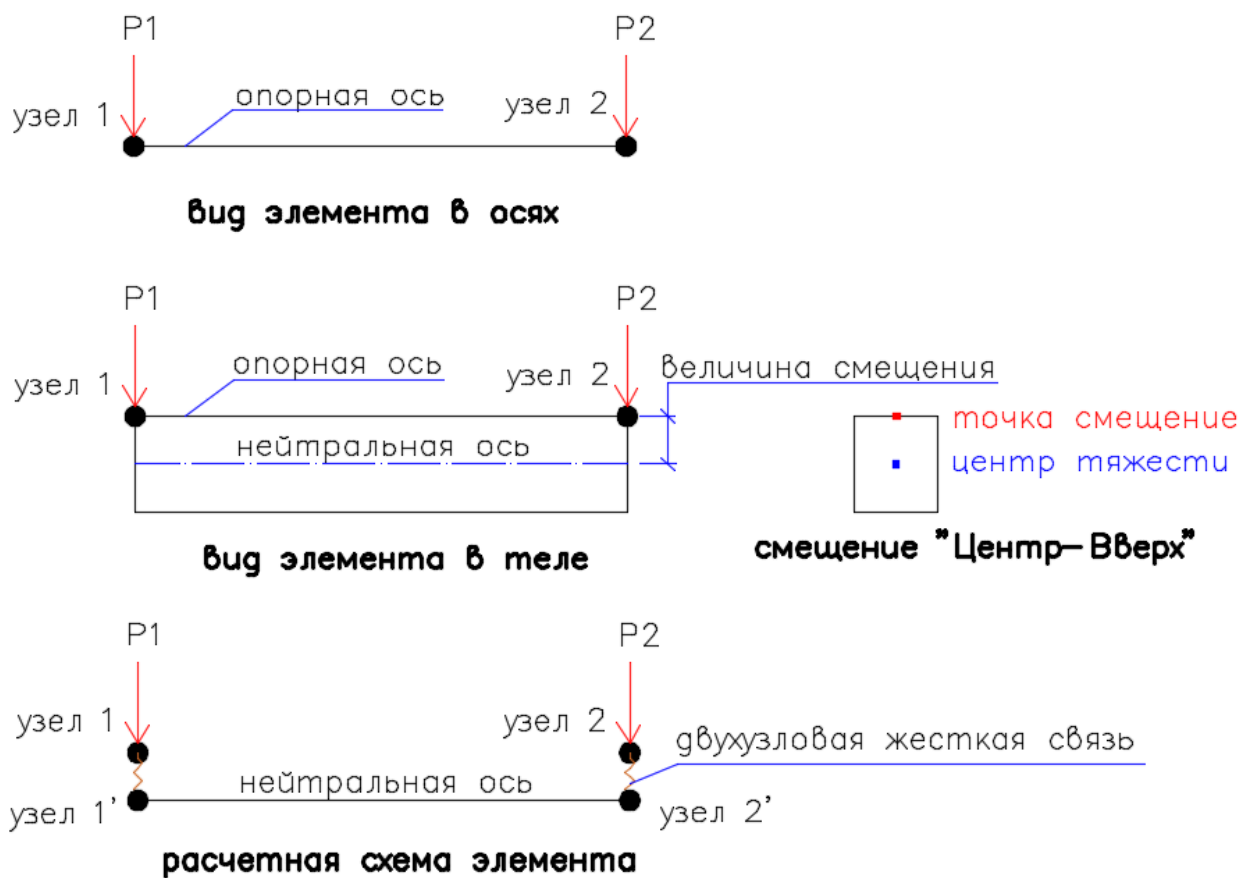


Рисунок 2.32 – Влияние смещения на приложение узловых нагрузок

Распределенная силы всегда добавляется к нейтральной оси стержневого элемента с учетом положение смещения центра тяжести сечения. Нагрузка на стержневой элемент будет добавлена к нейтральной оси, хотя сечение смещено от опорной линии (см. Рисунок 2.33). 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.

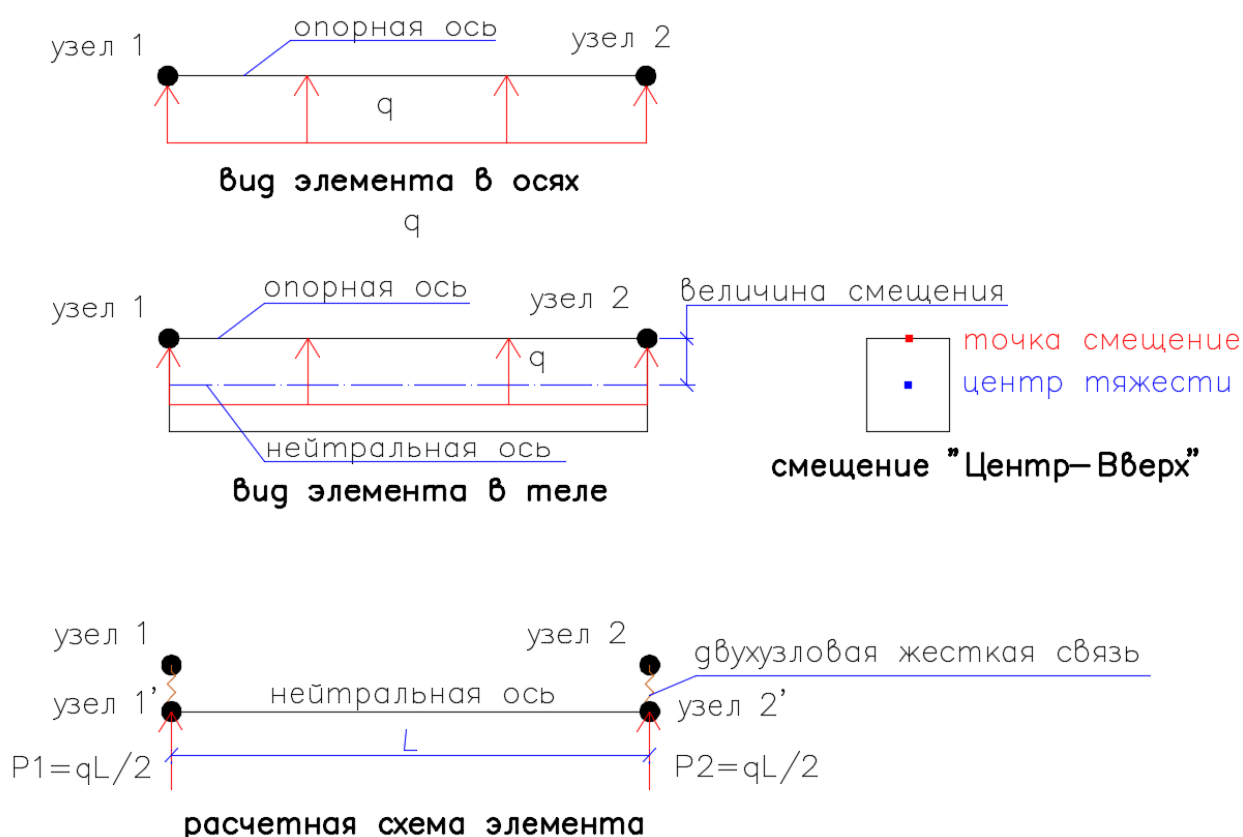


Рисунок 2.33 – Влияние смещения на приложение распределенных сил

Аналогичным образом распределенные силы от собственного веса стержневого элемента, задаваемые с помощью стандартной функции программы (см. Раздел 2.8.2).

### 2.6.8 Создать толщину

Для задания / редактирования толщины планарных элементов расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Свойства и далее командой Толщина. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать толщину» (см. Рисунок 2.34)

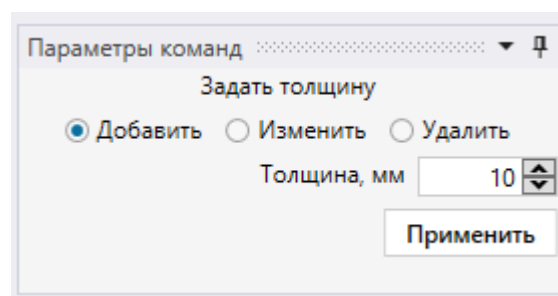


Рисунок 2.34 – Команда «Задать толщину»

Введите толщину в активных единицах измерения. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для добавления толщины к расчетной модели.

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 СВЯЗИ И ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

Для добавления связей и граничных условий необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия (см. Рисунок 2.35)

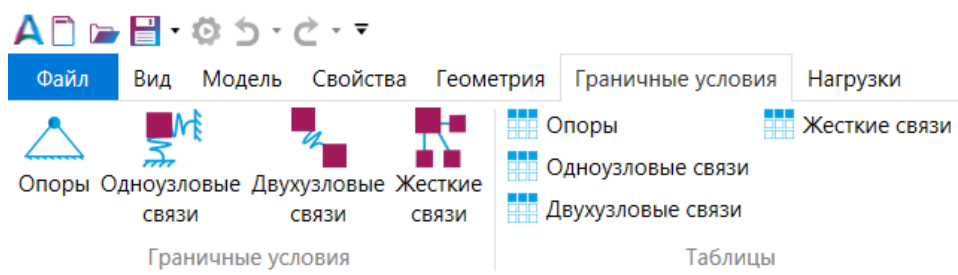


Рисунок 2.35 – Вкладка ленты Граничные условия

### 2.7.1 Опоры

Для добавления / изменения опоры в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия и далее командой Опоры. Откроется окно Параметров команд с названием «Опоры» (см. Рисунок 2.36)

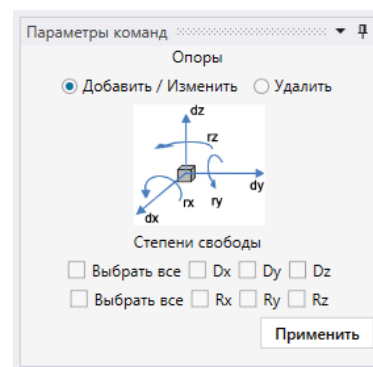


Рисунок 2.36 – Команда «Опоры»

В параметрах закрепления указываются направления связей:

- перемещения вдоль глобальных осей  $X - Dx$ ,  $Y - Dy$ ,  $Z - Dz$ ;
- повороты относительно глобальных осей  $X - Rx$ ,  $Y - Ry$ ,  $Z - Rz$ .

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

При необходимости удаления существующей опоры, установите флажок «Удалить». Выберите узлы, в которых будут удалены опоры. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения удаления опор.

## 2.7.2 Одноузловые связи

Для добавления / изменения одноузловой связи в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты **Граничные условия** и далее командой **Одноузловые связи**. Откроется окно **Параметров команд** с названием «Задать одноузловые связи» (см. Рисунок 2.37)

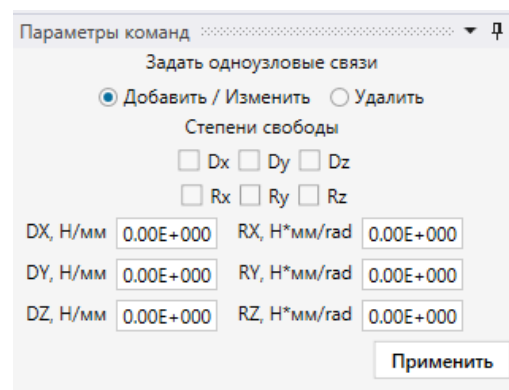


Рисунок 2.37 – Команда «Задать одноузловые связи»

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

- перемещения вдоль глобальных осей  $X - Dx$ ,  $Y - Dy$ ,  $Z - Dz$ ;
- повороты относительно глобальных осей  $X - Rx$ ,  $Y - Ry$ ,  $Z - Rz$ .

Наличие необходимых связей фиксируется с помощью установки соответствующих флажков.

В параметрах жесткостей указываются жесткости по направлениям связей:

- линейные жесткости вдоль глобальных осей  $X - DX$ ,  $Y - DY$ ,  $Z - DZ$ ;
- крутильные жесткости относительно глобальных осей  $X - RX$ ,  $Y - RY$ ,  $Z - RZ$ .

Выберите узлы, в которых будут установлены одноузловые связи. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения создания одноузловых связей.

При необходимости удаления существующей одноузловой связи, установите флажок «Удалить». Выберите узлы, в которых будут удалены одноузловые связи. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения удаления одноузловых связей.

### 2.7.3 Двухузловые связи

Для добавления / изменения одноузловой связи в расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты **Граничные условия** и далее командой **Двухузловые связи**. Откроется окно **Параметров команд** с названием «Задать двухузловые связи» (см. Рисунок 2.38)

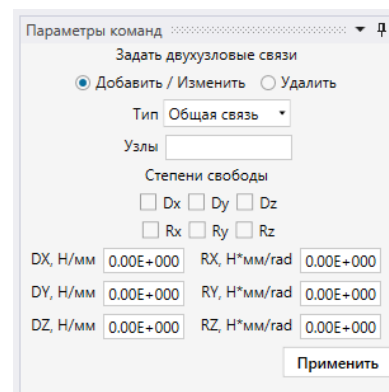


Рисунок 2.38 – Команда «Задать двухузловые связи»

В параметрах жесткостей указываются жесткости по направлениям связей:

- линейные жесткости вдоль глобальных осей X – DX, Y – DY, Z – DZ;
- крутильные жесткости относительно глобальных осей X – RX, Y – RY, Z – RZ.

При отсутствии свободы перемещения вдоль одной из степеней свободы в параметрах степеней свободы указываются направления связей. Наличие необходимых связей фиксируется с помощью установки соответствующих флажков, что соответствует абсолютной жесткости по этому направлению. В таблицах связей такая жесткость будет отображаться значением «-1».

В ПК ПАРИС поддерживается 2 типа связи – общая и жесткая. Для жесткого типа параметры жесткости не указываются, а все степени свободы будут ограничены.

Активируйте метод задания двухузловых связей путем нажатия левой кнопки мыши в поле «Узлы». Последовательно выберите узлы для создания активного типа связи.

При необходимости удаления существующей двухузловой связи, установите флажок «Удалить». Выберите узлы, в которых будут удалены двухузловые связи. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения удаления двухузловых связей.

### 2.7.4 Жесткие связи

Для добавления / изменения жесткой связи в расчетную модель необходимо воспользоваться вкладкой ленты Граничные условия и далее командой Жесткие связи.

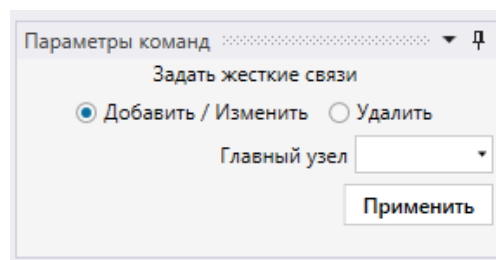


Рисунок 2.39 – Команда «Жесткие связи»

Откроется окно Параметров команд с названием «Жесткие связи» (см. Рисунок 2.39)

Выберете главный узел, к которому будут подходить жесткие связи. Выделите узлы, которые будут связаны с главным узлом. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для создания / изменения жестких связей.

При необходимости удаления существующей жесткой связи, установите флажок «Удалить». Выберите узлы, в которых будут удалены жесткие связи. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения удаления жестких связей.

## 2.8 ОБЩИЕ СТАТИЧЕСКИ НАГРУЗКИ

Для добавления статических нагрузок необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки (см. Рисунок 2.40)

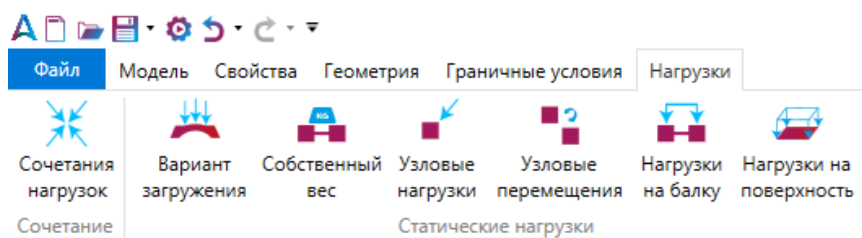


Рисунок 2.40 – Вкладка ленты Нагрузки → Статические нагрузки



### 2.8.1 Вариант статического нагружения

Для добавления варианта статического нагружения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Вариант нагружения статической нагрузки. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать вариант нагружения» (см. Рисунок 2.41)

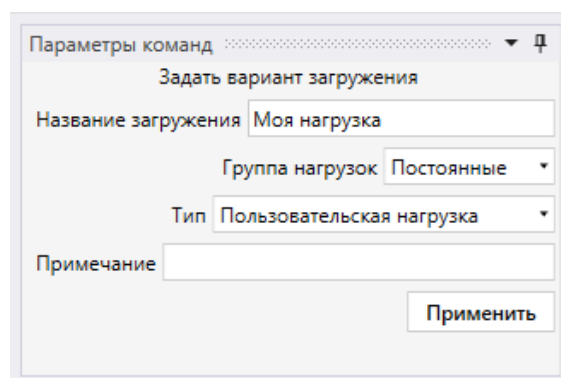


Рисунок 2.41 – Команда «Задать вариант нагружения»

В ПК ПАРИС поддерживаются 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;

#### Временные:

- пользовательская нагрузка;
- 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.

Для каждого варианта статического нагружения необходимо ввести название. При необходимости введения дополнительной информации о нагружении присутствует текстовое поле «Примечание».

При необходимости удаления варианта статического нагружения воспользуйтесь табличным редактором или с помощью контекстного меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.13.4).

## 2.8.2 Собственный вес

Для добавления / изменения статической нагрузки от собственного веса к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Собственный вес. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать собственный вес» (см. Рисунок 2.42)

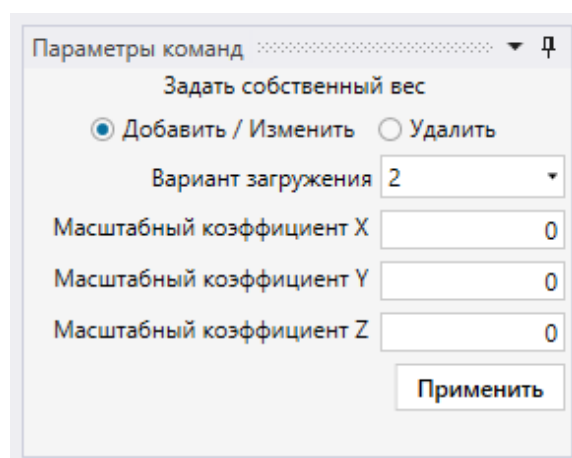


Рисунок 2.42 – Команда «Задать собственный вес»

ПК ПАРИС использует объем и плотность элементов, включенных в расчетную модель, для автоматического вычисления их собственного веса. Вычисленный собственный вес в статическом расчете может быть добавлен в направлениях глобальных осей (ГСК) X, Y и Z. Введенные коэффициенты применяются к нагрузкам, рассчитанным по всем направлениям глобальных осей. Так, для ориентации собственного веса в направлении противоположном глобальной оси Z, необходимо в поле «Коэффициент вдоль оси Z» установить значение -1. Выберите вариант нагружения, к которому будут добавлены нагрузки от собственного веса. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения создания нагрузки от собственного веса.

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 загрузки, в котором будут удалены нагрузки от собственного веса. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения удаления нагрузки.

### 2.8.3 Узловые нагрузки

Для добавления статической узловой нагрузки к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Узловые нагрузки. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать узловые нагрузки» (см. Рисунок 2.43)

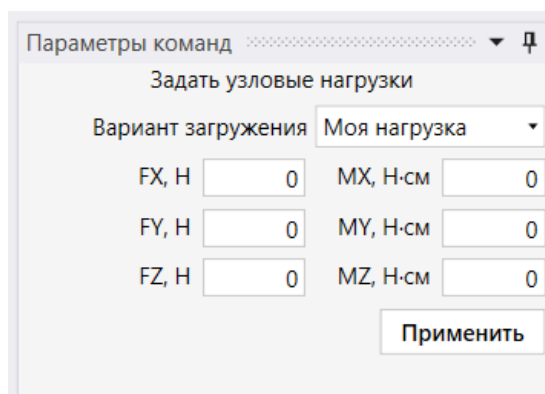


Рисунок 2.43 – Команда «Задать узловые нагрузки»

Выберите вариант загрузки, к которому будут добавлены узловые нагрузки. Выберите узлы, к которым будут добавлены узловые нагрузки. Введите значения сосредоточенной нагрузки в соответствующем направлении в глобальной системе координат в активных единицах измерения:

- FX, FY, FZ - компонента сосредоточенной нагрузки в направлении глобальных осей X, Y, Z соответственно;
- MX, MY, MZ - компонента сосредоточенного момента относительно глобальных осей X, Y, Z соответственно.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения создания статической узловой нагрузки.

При необходимости удаления / редактирования статической узловой нагрузки воспользуйтесь табличным редактором или с помощью контекстного меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.13.4).

## 2.8.4 Узловые перемещения

Для добавления / изменения узлового перемещения к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Узловые перемещения. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать узловые перемещения» (см. Рисунок 2.44)

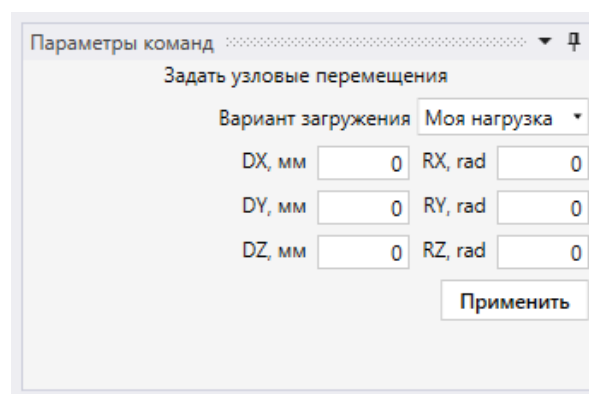


Рисунок 2.44 – Команда «Задать узловые перемещения»

Выберите вариант загрузки, к которому будут добавлены узловые перемещения. Выберите узлы, к которым будут добавлены узловые перемещения. Введите значения узловых перемещений в соответствующем направлении в глобальной системе координат в активных единицах измерения:

- DX, DY, DZ - компонента перемещения в направлении глобальных осей X, Y, Z соответственно;
- RX, RY, RZ - компонента поворота относительно глобальных осей X, Y, Z соответственно.

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения создания узлового перемещения.

При необходимости удаления / редактирования узлового перемещения воспользуйтесь табличным редактором или с помощью контекстного меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.13.4).

### 2.8.5 Распределенные нагрузки на балочные/вантовые элементы

Для добавления распределенной нагрузки на балочный или вантовый 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 2.45)

Рисунок 2.45 – Команда «Задать нагрузку на балку»

Выберите вариант загрузки, к которому будут добавлены распределенные силы. Выберите балочные и/или вантовые элементы, к которым будут добавлены распределенные силы.

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

- локальное  $Y$ ,  $Z$  – балочная нагрузка прикладывается в направлении локальной оси  $y$  и  $z$  элемента соответственно;
- глобальное  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  – балочная 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.

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

- локальное  $Y$ ,  $Z$  – балочная нагрузка прикладывается в направлении локальной оси  $y$  и  $z$  элемента соответственно.
- глобальное  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  – балочная нагрузка прикладывается 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 для завершения создания распределенной нагрузки.

При необходимости удаления / редактирования распределенной нагрузки воспользуйтесь табличным редактором или с помощью контекстного меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.13.4).

## 2.8.6 Распределенные нагрузки на плитные элементы

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 2.46)

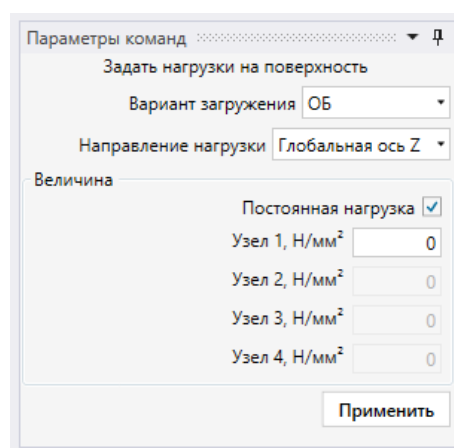


Рисунок 2.46 – Команда «Задать распределенные силы»

Выберите вариант загрузки, к которому будут добавлены распределенные силы. Выберите плитные элементы, к которым будут добавлены распределенные силы.

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

- локальное  $Y$ ,  $Z$  – балочная нагрузка прикладывается в направлении локальной оси  $y$  и  $z$  элемента соответственно;

- глобальное  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  – балочная 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 для завершения создания распределенной нагрузки.

При необходимости удаления / редактирования давления на плитный элемент воспользуйтесь табличным редактором или с помощью контекстного меню в Обозревателе модели (см. раздел 2.13.4).

## 2.9 СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

Для добавления специальных нагрузок необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки (см. Рисунок 2.52). Данные нагрузки созданы для облегчения их задания пользователями и снижения человеческого фактора при получении их интенсивностей.

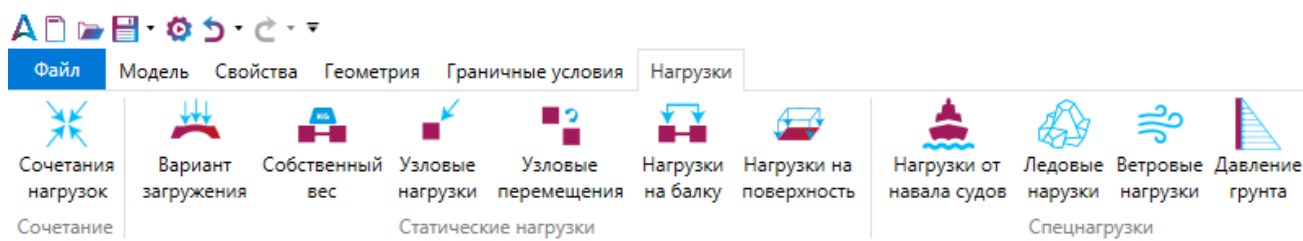


Рисунок 2.47 – Вкладка ленты Нагрузки → Специальные нагрузки

В ПК ПАРИС поддерживаются следующие специальные нагрузки:

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

### 2.9.1 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 2.48)

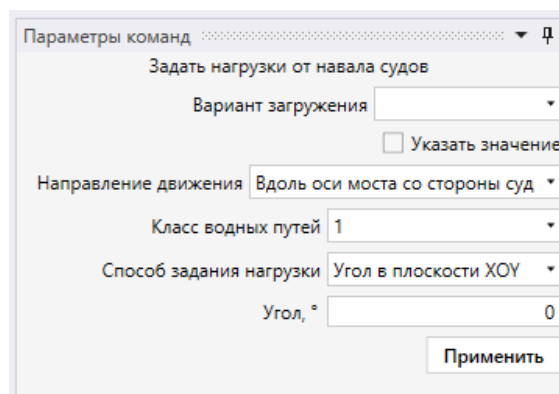


Рисунок 2.48 – Команда «Задать нагрузки от навала судов»

Выберите вариант загрузки, к которому будут добавлены нагрузка от навала судов. ПК 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 верхней стороны);
- Поперек оси моста против течения (с нижней стороны).

Выберете 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.

ПК 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 верхней
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

### 2.9.2 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 2.49).

Выберите вариант загрузки, к которому будут добавлены ледовые нагрузки. ПК ПАРИС прикладывает нагрузку от действия льда в виде

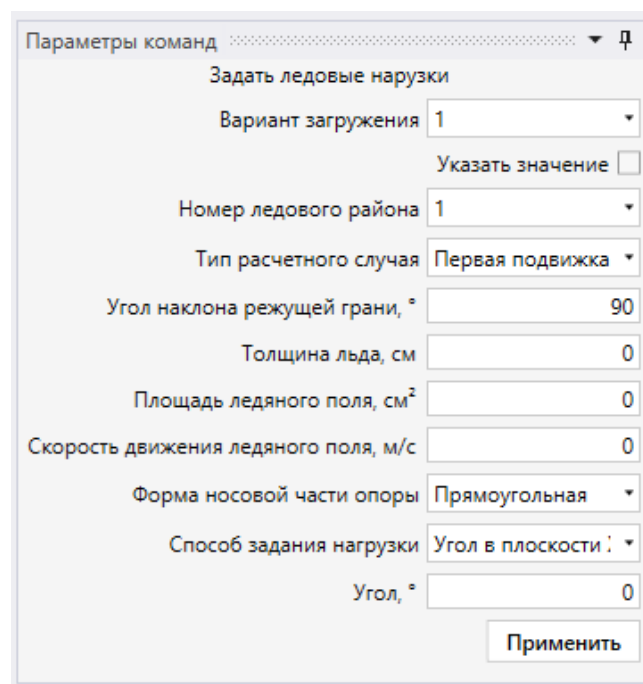


Рисунок 2.49 – Команда «Задать ледовые нагрузки»

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.

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 натуральных 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.

Выберете 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%.*

### 2.9.3 Ветровая нагрузка

Для добавления статической нагрузки от действия ветра к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой «Ветровые нагрузки» в подразделе «Спецнагрузки». Откроется окно Параметров команд с названием «Задать ветровые нагрузки» (см. Рисунок 2.50).

Выберите **вариант загрузки**, к которому будут добавлены ветровые нагрузки. ПК 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

Рисунок 2.50 – Команда «Задать ветровые нагрузки»

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**

<i>Ветровые районы</i>	<i>Ia</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>
$W_0, \text{кПа}$	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**

<i>Высота от уровня естественной поверхности грунта, м</i>	<i>Коэффициент k для типов местности</i>		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
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 при отсутствии поезда поверху при расстоянии между осями ферм от 2 до 4 м соответственно б) автодорожных	2,15 2,55 2,15 – 2,45 2,80
2 Балочная клетка и мостовое полотно проезжей части пролетных строений: а) железнодорожных б) автодорожных	1,85 1,60
3 Пролетные строения со сплошными балками: а) железнодорожные: - однопутные с ездой поверху - два однопутных с ездой поверху, установленные на общих опорах двухпутного моста - однопутные в виде замкнутой коробки - однопутные с ездой понизу - двухпутные с ездой понизу б) автодорожные с ездой поверху: с плоскими главными балками с одной коробчатой балкой с двумя коробчатыми балками	1,90 2,10 1,50 2,25 2,45 1,70 1,50 1,75
4 Прогоны деревянных мостов	1,95
6 Каменные, бетонные и железобетонные опоры мостов: а) поперек моста: при прямоугольном сечении то же, но с обтекателями в носовой и кормовой частях при круглом сечении в виде двух круглых столбов б) вдоль моста при прямоугольном сечении	2,10 1,75 1,40 1,80 2,10
7 Деревянные сквозные опоры мостов: а) башенного типа: поперек моста вдоль моста б) однорядные и сдвоенные: поперек моста вдоль моста	3,20 2,40 2,50 1,50
8 Стальные опоры: а) однорядные: поперек моста вдоль моста б) башенные сквозные при числе плоскостей (поперек направления ветра) от 2 до 4	2,50 1,80 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  $\nu$  (коэффициент пространственной корреляции пульсации давления для расчетной поверхности сооружения) допускается принимать равным:

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

где  $\lambda$  – длина пролета (высота опоры), м

Задайте **коэффициент динамичности**  $\xi$ . 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.

Выберете 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.

#### 2.9.4 Давление грунта

Для добавления статической нагрузки от давления грунта к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой «Давление грунта» в подразделе «Спецнагрузки».

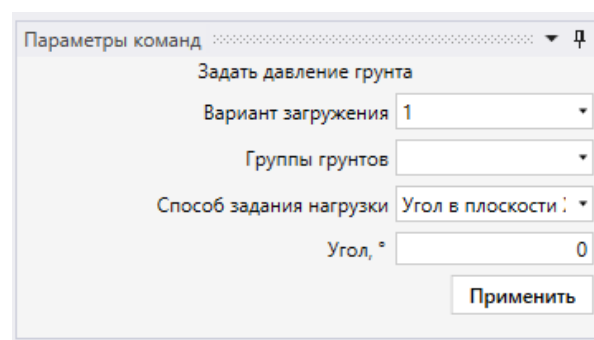


Рисунок 2.51 – Команда «Задать давление грунта»

Откроется окно Параметров команд с названием «Задать давление грунта» (см. Рисунок 2.51).

Выберите **вариант загрузки**, к которому будут добавлены ветровые нагрузки. ПК 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 2.6.3).

Выберете способ задания нагрузки, указав угол в градусах в плоскости ХОУ 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 ПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ

В ПК ПАРИС предусмотрено задание автодорожных и железнодорожных подвижных нагрузок. Для создания загрузки подвижной нагрузкой необходимо задать транспортное средство и поверхность движения (см. Рисунок 2.53)

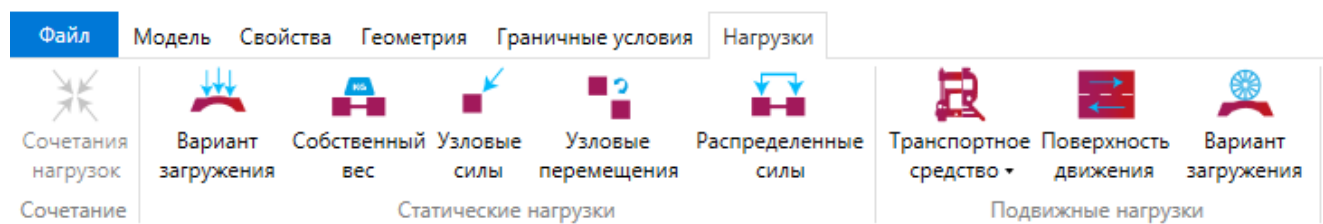


Рисунок 2.52 – Вкладка ленты Нагрузки → Подвижные нагрузки

### 2.10.1 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 2.53)

Новая модель Транспортное средство X	
<b>Транспортное средство</b>	
▲ <b>Параметры ТС</b>	
Название	
Тип временной нагруз...	Автодорожная нагрузка
Тип ТС	
Длина, мм	0
Ширина, мм	0
▲ <b>Параметры осей</b>	
Количество осей	0
Нагрузка на ось, Н	0
Осевой ввод	<input type="checkbox"/>
▶ Оси	Параметры осей
▲ <b>Дополнительные параметры</b>	
Вес, Н	0
Коэффициент при учет...	0
Коэффициент при учет...	0

Рисунок 2.53 – Вкладка Транспортное средство

Выберите нагрузку из каталога или введите название нагрузки в произвольной форме. Выберите тип временной нагрузки. ПК ПАРИС поддерживает 3 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 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 2.10.5)

### 2.10.2 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 загрузке 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 колес). Для каждой колеи необходимо ввести расстояние между колесами поперек оси ТС. Необходимость заполнения дополнительных параметров см. Раздел 2.10.5.

### 2.10.3 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 нагрузке общего типа за исключением ряда параметров, которые не будут отображаться при вводе данных.

### 2.10.4 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).

### 2.10.5 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).

ПК 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 ОХ) и при задании «Варианта загрузки» в качестве направления нагрузки выбрать «Вдоль», то такой вариант будет имитировать действие тормозной

нагрузки. Тогда, при загрузке 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.

### 2.10.6 Каталог транспортных средств

ПК 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.

### 2.10.7 Поверхность 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 2.54).

Введите название поверхности в произвольной форме. Введите параметры габарита проезда (ширина габарита, ширины левой и правой полос безопасности).

Для однозначной идентификации узлов, входящих в поверхность движения, необходимо задать группу элементов, лежащих в плоскости создаваемой

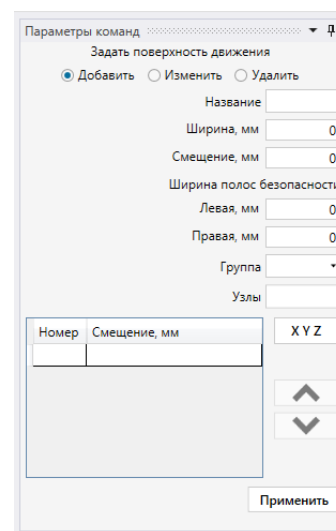


Рисунок 2.54 – Команда «Задать поверхность движения»

поверхности движения. Важно, чтобы все узлы в данной группе лежали на одной плоскости.

Ось проезда задается путем задания линии от одного узла модели к другому. При необходимости задайте смещения осевой линии до ее создания. Для однозначной идентификации плоскости движения, задайте группу элементов, лежащих в данной плоскости. Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для создания поверхности движения.

### 2.10.8 Вариант загрузки подвижной нагрузкой

Для задания загрузки подвижной нагрузкой необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее Вариант загрузки подвижной нагрузки. Откроется новая вкладка Вариант подвижных нагрузок (см. Рисунок 2.55).

Рисунок 2.55 – Вкладка Вариант подвижных нагрузок

Введите *название* загрузки в произвольной текстовой форме. Выберите предельное состояние, по правилам которого будет проводиться загрузка. Выберите заданные ранее поверхность движения и транспортное средство, а также направление движения и число полос.

Выберите транспортное средство из заранее созданных, а также введите *число поверхностей движения*, которые будут загружаться данным ТС.

Для каждой поверхности движения необходимо указать максимальное число полос, которым она может быть загружена. 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.

*Направление движения.* Данный параметр используется при анализе загрузки несимметричных нагрузок (например, ЭН<sub>3</sub>). 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.

*Группа предельных состояний.* Данный параметр используется при анализе коэффициентов надежности (динамических коэффициентов) при выборе расчета по нормам, а также при создании сочетаний нагрузок в автоматическом режиме. Для выбора доступны:

*прочность* – в соответствии с таблицей 6.2 СП 35.13330.2011 результат, полученный от загрузки выбранными транспортными средствами, будет умножен на коэффициент надежности и динамический коэффициент;

*выносливость* – в соответствии с таблицей 6.2 СП 35.13330.2011 результат, полученный от загрузки выбранными транспортными средствами, будет умножен на динамический коэффициент с учетом коэффициента уменьшения 2/3;

*устойчивость* – в соответствии с таблицей 6.2 СП 35.13330.2011 результат, полученный от загрузки выбранными транспортными средствами, будет умножен на коэффициент надежности;

*вторая группа предельных состояний* – в соответствии с таблицей 6.2 СП 35.13330.2011 результат, полученный от загрузки выбранными транспортными средствами, будет выведен без учета коэффициента надежности и динамического коэффициента.

*Направление нагрузки.* Данный параметр используется для построения поверхностей влияния. Связь направления нагрузки и результата, полученного от загрузки транспортного средства см. Раздел 2.10.5. 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 нагружения;

*поперек* – поверхность влияния будет построена от единичных сил, направленных перпендикулярно осевой линии, заданной при создании поверхности движения, выбранной для данного нагружения. Перпендикуляр строится в плоскости поверхности движения.

В ПК ПАРИС предусмотрены нагружения по действующим нормам. При выборе норм проектирования выберите тип рассчитываемой конструкции и материал для однозначного определения коэффициента надежности и динамического коэффициента, которые будут применены к выбранному транспортному средству.

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

## 2.11 СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

### 2.11.1 Узловые массы

Для добавления узловой массы к расчетной модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Нагрузки и далее командой Узловые массы в подразделе Модальный анализ. Откроется окно Параметров команд с названием «Задать узловые массы» (см. Рисунок 2.57)

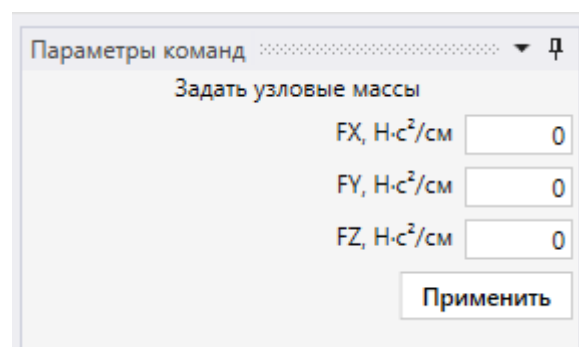


Рисунок 2.56 – Команда «Задать узловые нагрузки»

Выберите узлы, к которым будут добавлены узловые массы. Введите значения сосредоточенной массы в соответствующем направлении в глобальной системе координат в активных единицах измерения:

- $F_X$ ,  $F_Y$ ,  $F_Z$  - компонента сосредоточенной массы в направлении глобальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  соответственно;

Активируйте команду «Применить» нажатием соответствующей кнопки для завершения создания статической узловой нагрузки.

При необходимости удаления / редактирования узловой массы воспользуйтесь табличным редактором или с помощью контекстного меню в Обзорателе модели (см. раздел 2.13.4).

### 2.11.2 Задание расчета

В ПК 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.

Для добавления параметров расчета собственных колебаний необходимо воспользоваться вкладкой ленты Модель и далее командой «Модальный анализ». Откроется новая вкладка Модальный анализ (см. Рисунок 2.57).

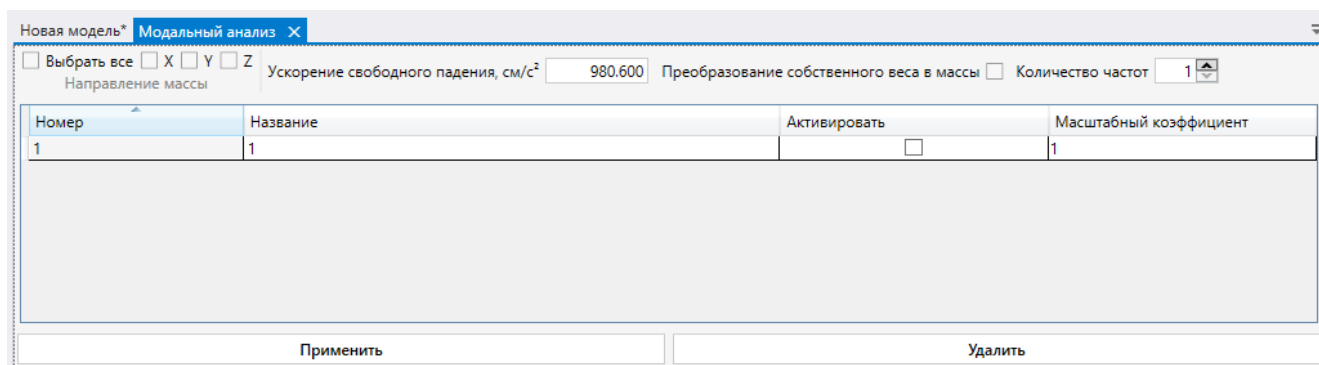


Рисунок 2.57 – Вкладка «Модальный анализ»

Для расчета динамических свойств конструкций необходимо определить матрицу масс расчетной модели. В ПК ПАРИС предусмотрен механизм

преобразования статических вариантов загрузений в массы, а также автоматическое приведение к массам собственного веса элементов, заданный материал которых имеет отличный от нуля параметр «удельный вес».

При необходимости привести вариант статического нагружения к массам выберите вариант нагрузки и направление действия масс. Нагрузка от собственного веса внутри варианта нагружения будет игнорироваться программой.

При необходимости привести собственный вес к массам активируйте данную команду и направление действия масс. При активации данной команды к массам будет приведен собственный вес элементов, заданный материал которых имеет отличный от нуля параметр «удельный вес», вне зависимости от того, была ли задана статическая нагрузка от собственного веса.

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

### 2.11.3 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  $2\pi$  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 вклада 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.

## 2.12 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 следующие параметр:

- Группа предельных состояния. Данный параметр необходим при использовании модулей «Проектирование» 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:

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

при типе «Огибание» результаты расчет будут определены как максимальные или минимальные значения от отдельных результатов расчета каждого нагружения, 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 при его активации 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 нагружения. Тип нагружения соответствует созданному варианту и присваивается автоматически. К каждому нагружению 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 2.58). Для создания сочетаний в автоматическом режиме необходимо выбрать нормы проектирования, тип моста, группу предельных состояний (доступна возможность выбора сразу нескольких групп) и при необходимости отредактировать предлагаемые коэффициенты надежности для разных типов загрузжений. В автосочетаниях эти коэффициенты будут стоять с соответствующими загрузжениями как k1.

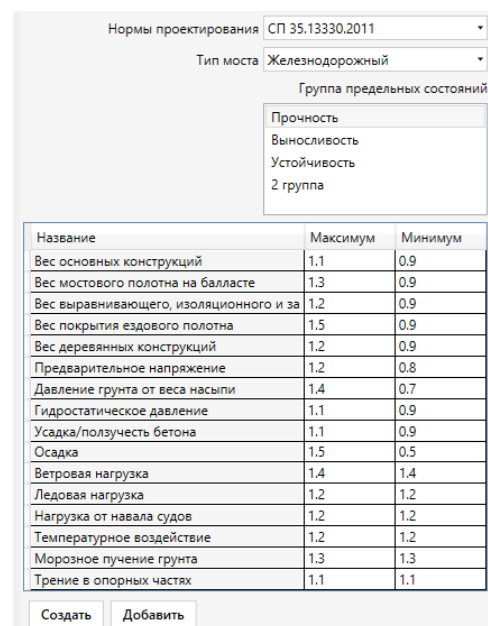


Рисунок 2.58 – Окно настройки автосочетаний

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 загрузжений, 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» (см. Рисунок 2.59).

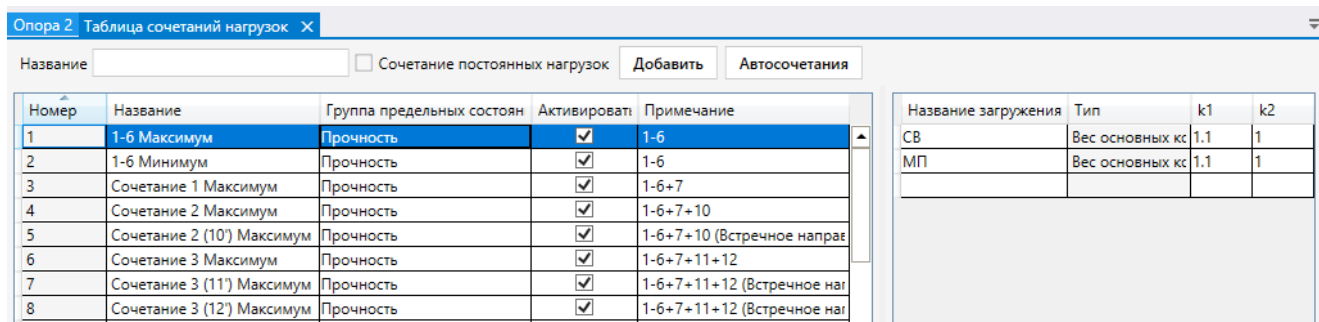








Рисунок 2.59 – Вкладка сочетаний нагрузок

## 2.13 ВОЗМОЖНОСТИ ГРАФИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

### 2.13.1 Панель быстрого доступа

На панели быстрого доступа добавлены следующие функции:

-  создать новую модель;
-  открыть существующую модель;
-  выполнить расчет модели;
-  сохранить / сохранить как... текущую модель;
-  отменить последнее действие;
-  повторить последнее действие.

### 2.13.2 Вкладка ленты Вид

Для управления отображением модели необходимо воспользоваться вкладкой ленты Вид (см. Рисунок 2.60).

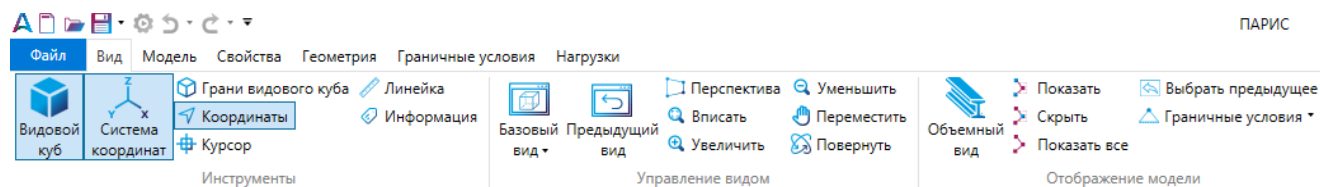


Рисунок 2.60 – Вкладка ленты Вид

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 между 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.

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. 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).



### 2.13.3 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»;

#### 2.13.4 Обозреватель модели

На панели обозревателя модели отображаются все созданные узлы, элементы, группы элементов, граничные условия, свойства элементов, нагрузки. Для каждого из этих разделов доступно контекстное меню (открывается при нажатии правой кнопкой мыши):

Узлы: «Выбрать свободные узлы», «Выбрать все», «Удалить все».

Элементы (стержни, плиты): «Выбрать», «Удалить».

Группа Материалы: «Создать», «Удалить все».

Отдельный материал: «Выбрать», «Изменить», «Копировать», «Удалить».

Группа Сечения: «Создать», «Удалить все».

Отдельное сечение: «Выбрать», «Изменить», «Копировать», «Удалить».

Группа Опоры: «Показать».

Группа Двухузловые связи: «Показать».

Группа Одноузловые связи: «Показать».

Группа Жесткие связи: «Показать».

Группа Группы элементов: «Создать», «Удалить все».

Отдельная группа: «Выбрать», «Удалить».

Группа Статические нагрузки: «Создать», «Удалить все».

Отдельное статическое нагружение: «Показать», «Скрыть», «Удалить».

Отдельное нагрузка в статическом нагружении: «Удалить».

Группа Подвижные нагрузки:

Отдельное Транспортное средство: «Изменить», «Удалить».

Отдельная Поверхность движения: «Удалить», «Показать», «Скрыть».

Отдельный Вариант нагружения: «Изменить», «Удалить».

### 2.13.5 Табличное редактирование

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

В таблице узлов (см. Рисунок 2.61) 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.

Номер	X, мм	Y, мм	Z, мм
1	0	0	0
2	1000	0	0
3	2000	0	0
4	3000	0	0
5	4000	0	0
6	5000	0	0
7	6000	0	0
8	7000	0	0
9	8000	0	0
10	9000	0	0

Рисунок 2.61 – Команда «Таблица узлов»

В таблице элементов (см. Рисунок 2.62) 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.

Номер	Тип	Узел 1	Узел 2	Узел 3	Узел 4	Поворот локалы	Материал	Сечение	Толщина
1	Плитный	21	31	30	20	0	16Д		10.000
2	Плитный	31	41	40	30	0	16Д		10.000
3	Плитный	41	51	50	40	0	16Д		10.000
4	Плитный	51	61	60	50	0	16Д		10.000
5	Плитный	61	71	70	60	0	16Д		10.000
6	Плитный	71	81	80	70	0	16Д		10.000
7	Плитный	81	91	90	80	0	16Д		10.000
8	Плитный	91	101	100	90	0	16Д		10.000
9	Плитный	101	111	110	100	0	16Д		10.000
10	Плитный	111	121	120	110	0	16Д		10.000
11	Плитный	20	30	29	19	0	16Д		10.000

Рисунок 2.62 – Команда «Таблица элементов»

Для табличного редактирования статических нагрузок, приложенных к модели, необходимо воспользоваться вкладкой Нагрузкой и далее командами Таблица Варианта загрузки / Таблица узловых сил / Таблица узловых перемещений / Таблица распределенных сил.

В таблице Варианта загрузений (см. Рисунок 2.63) описание всех созданных типов статических загрузений доступны для редактирования. Кроме того, можно создавать новые варианты загрузений статической нагрузкой. Для этого вводятся название и тип загрузки, а также примечание в свободной форме при необходимости. Номер нового варианта загрузки будет присвоен автоматически путем увеличения предыдущего максимального номера на единицу.

Номер	Название	Тип	Примечание
1	1	Пользовательская нагрузка	

Рисунок 2.63 – Команда «Таблица Вариант загрузки»

В таблице Узловые силы (см. Рисунок 2.64) параметры всех созданных узловых нагрузок доступны для редактирования. Кроме того, можно создавать новые узловые нагрузки. Для этого вводятся Вариант загрузки, узел и хотя бы одно из шести доступных усилий, задаваемых в глобальной системе координат. Номер новой узловой силы будет присвоен автоматически путем увеличения предыдущего максимального номера на единицу.

Номер	Вариант загрузки	Узел	Fx, Н	Fy, Н	Fz, Н	Mx, Н-мм	My, Н-мм	Mz, Н-мм
1	1	4	150	0	0	0	0	0

Рисунок 2.64 – Команда «Таблица Узловые силы»

В таблице Узловые перемещения (см. Рисунок 2.65) параметры всех созданных узловых перемещений доступны для редактирования. Кроме того, можно создавать



новые узловые нагрузки. Для этого вводятся Вариант загрузки, узел и хотя бы одно из шести доступных перемещений, задаваемых в глобальной системе координат. Номер нового узлового перемещения будет присвоен автоматически путем увеличения предыдущего максимального номера на единицу.

Номер	Вариант загрузки	Узел	Dx, мм	Dy, мм	Dz, мм	Rx, rad	Ry, rad	Rz, rad
1	1	6	120	0	0	0	0	0

Рисунок 2.65 – Команда «Таблица Узловые перемещения»

В таблице Распределенные силы (см. Рисунок 2.66) параметры всех созданных распределенных сил доступны для редактирования. Кроме того, можно создавать новые распределенные нагрузки. Для этого вводятся Вариант загрузки, номер элемента, направление действия нагрузки, интенсивность распределенной нагрузки в начале и конце элемента, направление и величина смещения при необходимости. Номер новой распределенной силы будет присвоен автоматически путем увеличения предыдущего максимального номера на единицу.

Номер	Вариант загрузки	Элемент	Направление на	I узел, Н/мм	J узел, Н/мм	Направление см	I узел, мм	J узел, мм
1	1	3	Глобальная ось Z	100	100	Нет	0	0

Рисунок 2.66 – Команда «Таблица Распределенные силы»

### 3 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

После выполнения расчета пользователю станет доступна вкладка ленты Результаты (см. Рисунок 3.1).

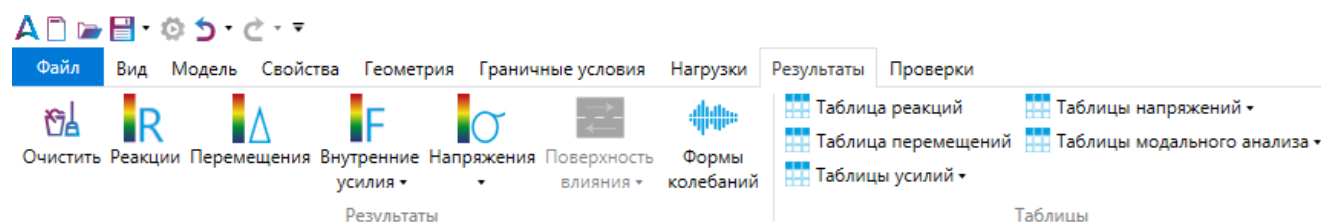









Рисунок 3.1 – Вкладка ленты Результаты

#### 3.1 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

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

- 
 Реакции отобразить значения реакций в узлах, в которых установлены опоры ил одноузловые связи;
- 
 Перемещения отобразить значения перемещений / поворотов узлов;
- 
 Внутренние усилия отобразить значения внутренних усилий в элементах;
- 
 Напряжения отобразить значения напряжений в элементах;
- 
 Поверхность влияния отобразить поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства на поверхности влияния, используемые при расчете перемещений / усилий от загрузки временной нагрузкой;
- 
 Формы колебаний отобразить значения перемещений узлов для форм колебаний;
- 
 Очистить очистить окно визуализации от результатов расчета;

##### 3.1.1 Результаты по реакциям

Для отображения составляющей реактивного усилия от любого варианта загрузки необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Реакции. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать реакции» (см. Рисунок 3.2)

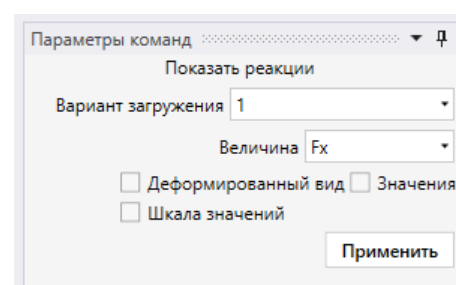


Рисунок 3.2 – Команда «Показать реакции»

Для выбора доступны реактивные силы ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) и реактивные моменты ( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ). Обозначения осей при соответствующем усилии даны в глобальной системе координат (ГСК).

При активации свойства «Деформированный вид» реактивные силы / моменты будут отображаться на деформированной от соответствующего нагружения 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 которой будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины.

### 3.1.2 Результаты по узлам

Для отображения перемещения узла от любого варианта нагружения необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Перемещения. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать перемещения» (см. Рисунок 3.3)

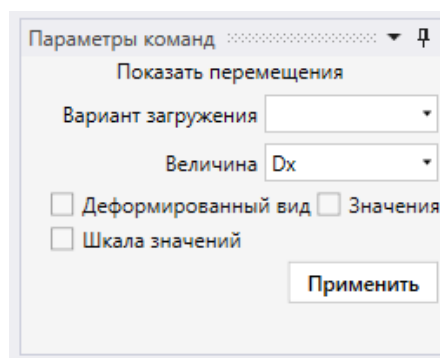


Рисунок 3.3 – Команда «Показать перемещения»

Для выбора доступны линейные перемещения ( $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$ ,  $D_{xyz}$ ) и угловые перемещения ( $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$ ).  $D_{xyz}$  – результирующий вектор перемещения узла в пространстве. Обозначения осей при соответствующем перемещении даны в глобальной системе координат (ГСК).

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

### 3.1.3 Результаты по стержневым элементам. Внутренние усилия

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загрузки 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 3.4)

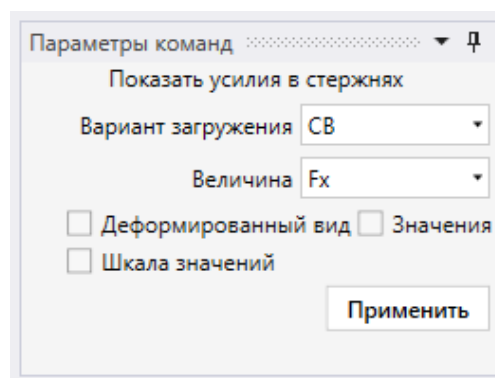


Рисунок 3.4 – Команда «Показать усилия в стержнях»

Для выбора доступны:

$F_x$  – продольное усилие вдоль оси  $x$  элемента;

$F_y$  – усилие сдвига по локальной оси  $y$  элемента;

$F_z$  – усилие сдвига по локальной оси  $z$  элемента;

$M_x$  – крутящий момент вокруг локальной оси элемента  $x$ ;

$M_y$  – изгибающий момент вокруг локальной оси  $y$  элемента;

$M_z$  – 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 нагружения 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.

### 3.1.4 Результаты по стержневым элементам. Напряжения

Для отображения составляющей напряжения от любого варианта загрузки необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Напряжения – Напряжения в стержнях. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать напряжения в стержнях» (см. Рисунок 3.5).

Для выбора доступны:

$\sigma_x (F_x)$  - нормальные напряжения по локальной оси  $x$ , вызванные действием только продольной силы  $F_x$ ;

$\sigma_x (M_y)$  - нормальные напряжения по локальной оси  $x$ , вызванные действием только изгибающего момента  $M_y$  вокруг локальной оси  $y$ ;

$\sigma_x (M_z)$  - нормальные напряжения по локальной оси  $x$ , вызванные действием только изгибающего момента  $M_z$  вокруг локальной оси  $z$ ;

$\tau_{xy}$  - касательные напряжения по локальной оси  $y$ , вызванные действием только поперечной силы  $F_y$ ;

$\tau_{xz}$  - касательные напряжения по локальной оси  $z$ , вызванные действием только поперечной силы  $F_z$ ;

$\sigma_x \Sigma$  - нормальные напряжения по локальной оси  $x$ , вызванные суммарным действием продольной силы  $F_x$  и изгибающих моментов  $M_y$  и  $M_z$

$$\sigma_x \Sigma = \sigma_x (F_x) + \sigma_x (M_y) + \sigma_x (M_z).$$

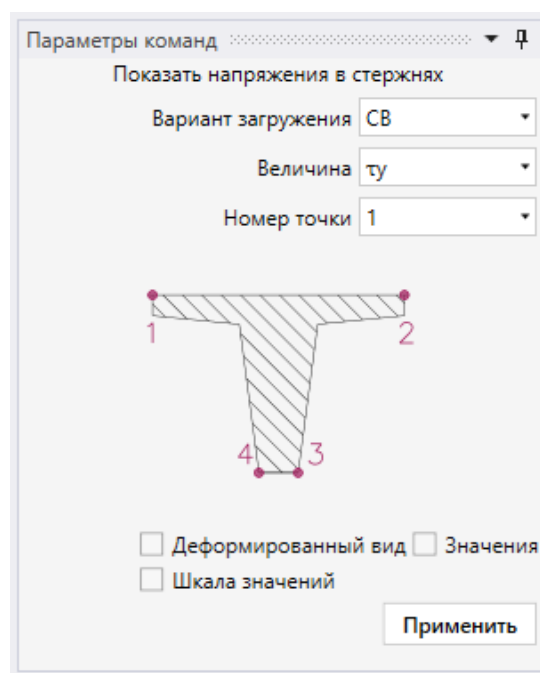


Рисунок 3.5 – Команда «Показать напряжения в стержнях»

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

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

### 3.1.5 Результаты по плитным элементам. Узловые внутренние усилия

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта нагружения 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 3.6)

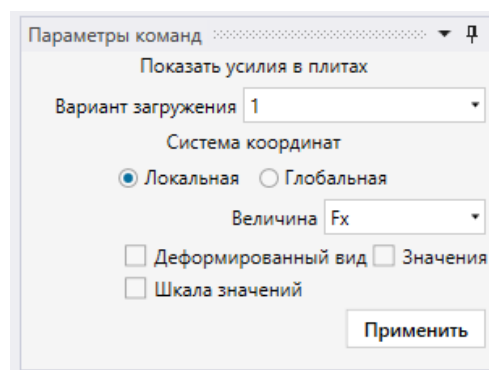


Рисунок 3.6 – Команда «Показать усилия в плитах»

Для выбора доступны:

Локальная система координат (ЛСК)

$F_x$  – внутреннее усилие в элементе по локальной оси  $x$  элемента;

$F_y$  – внутреннее усилие в элементе по локальной оси  $y$  элемента;

$F_z$  – внутреннее усилие в элементе по локальной оси  $z$  элемента;

$M_x$  – изгибающий момент вокруг локальной оси  $x$  элемента;

$M_y$  – изгибающий момент вокруг локальной оси  $y$  элемента;

$M_z$  – изгибающий момент вокруг локальной оси  $z$  элемента;

Глобальная система координат (ГСК)

$F_x$  – внутреннее усилие в элементе по оси X ГСК;

$F_y$  – внутреннее усилие в элементе по оси Y ГСК;

$F_z$  – внутреннее усилие в элементе по оси Z ГСК;

$M_x$  – изгибающий момент вокруг оси X ГСК;

$M_y$  – изгибающий момент вокруг оси Y ГСК;

$M_z$  – 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 нагружения 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.

### 3.1.6 Результаты по плитным элементам. Погонные внутренние усилия

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта нагружения 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 3.7)

Для выбора доступны:

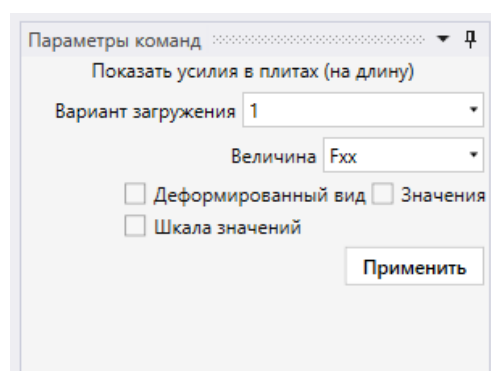


Рисунок 3.7 – Команда «Показать усилия в плитах (на длину)»

$F_{xx}$  – продольное усилие на единицу ширины вдоль оси  $x$  локальной системы координат элемента;

$F_{yy}$  – продольное усилие на единицу ширины вдоль оси  $y$  локальной системы координат элемента;

$F_{xy}$  – усилие сдвига на единицу ширины элемента в плоскости  $x$ - $y$  локальной системы координат элемента (сдвиг в плоскости);

$M_{xx}$  – изгибающий момент на единицу ширины вокруг оси  $y$  локальной системы координат элемента;

$M_{yy}$  – изгибающий момент на единицу ширины вокруг оси  $x$  локальной системы координат элемента;

$M_{xy}$  – крутящий момент на единицу ширины вокруг плоскости  $x$ - $y$  локальной системы координат элемента;

$V_{xx}$  – усилие сдвига на единицу ширины в плоскости  $y$ - $z$  локальной системы координат элемента;

$V_{yy}$  – 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 нагружения 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 которой 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.



### 3.1.7 Результаты по плитным элементам. Напряжения

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загрузки необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Напряжения – Напряжения в плитах. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать напряжения в плитах» (см. Рисунок 3.8)

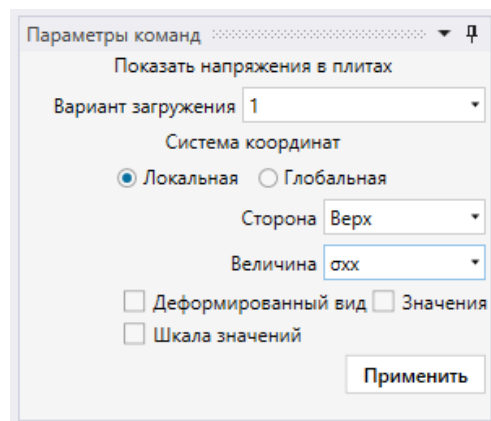


Рисунок 3.8 – Команда «Показать напряжения в плитах»

Для выбора доступны:

Локальная система координат (ЛСК)

$\sigma_{xx}$  – нормальные напряжения по локальной оси x элемента;

$\sigma_{yy}$  – нормальные напряжения по локальной оси y элемента;

$\sigma_{xy}$  – касательные напряжения в локальной плоскости x-y элемента.

Для каждой компоненты напряжения доступен выбор верхней или нижней фибры плитного элемента по направлению оси z ЛСК.

Глобальная система координат (ГСК)

$\sigma_{xx}$  – нормальные напряжения по оси X ГСК;

$\sigma_{yy}$  – нормальные напряжения по оси Y ГСК;

$\sigma_{zz}$  – нормальные напряжения по оси Z ГСК;

$\sigma_{xy}$  – касательные напряжения в локальной плоскости X-Y ГСК;

$\sigma_{yz}$  – касательные напряжения в локальной плоскости Y-Z ГСК;

$\sigma_{xz}$  – касательные напряжения в локальной плоскости X-Z ГСК.

Для каждой компоненты напряжения доступен выбор верхней или нижней фибры плитного элемента по направлению 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 нагружения 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 которой 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.

### 3.1.8 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 3.10)

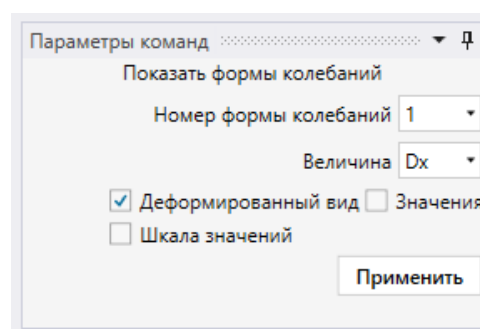


Рисунок 3.9 – Команда «Показать формы колебаний»

Для выбора доступны линейные перемещения ( $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$ ,  $D_{xyz}$ ).  $D_{xyz}$  – результирующий вектор перемещения узла в пространстве. Обозначения осей при соответствующем перемещении даны в глобальной системе координат (ГСК).

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 которой 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.

### 3.1.9 Табличный просмотр результатов

Для табличного просмотра результатов необходимо воспользоваться вкладкой Результаты и далее командами Таблица реакций / Таблица перемещений / Таблица 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 3.1.1 – 3.1.7).

## 3.2 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ

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



Реакции

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



Перемещения

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



Внутренние  
усилия

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



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

### 3.2.1 Поверхность влияния реакций. Экстремальное положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загрузки необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния – Реакции. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать поверхность влияния реакций» (см. Рисунок 3.10)

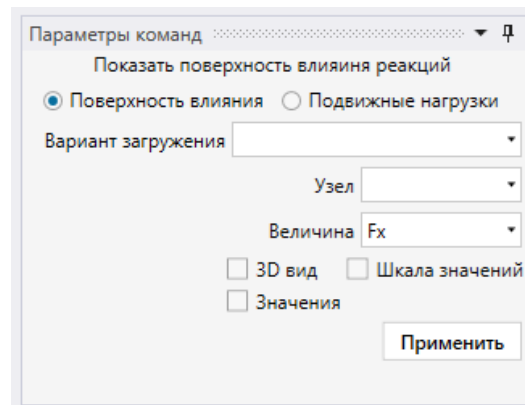


Рисунок 3.10 – Команда «Показать поверхность влияния реакций»

Для выбора доступны:

Вариант загрузки – вариант загрузки 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 3.1.1).

Свойство «Поверхность влияния» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (3D вид, Значение, Шкала значений).

Свойство «Подвижные нагрузки» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства в выбранном варианте загрузки. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (Значение, Шкала значений). Свойство «3D вид» для данного набора параметров автоматически отключается.

При активации свойства «3D вид» поверхность влияния будет отображаться в объеме, в противном случае – в плоскости поверхности движения.

При активации свойства «Значение» возле каждого узла поверхности влияния будут отображаться текстовые значения величины ординаты.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на которой будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, поверхность влияния окрасится в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

### 3.2.2 Поверхность влияния перемещений. Экстремальное положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загрузки необходимо воспользоваться вкладкой ленты Результаты и далее командой Поверхность влияния – Перемещения. Откроется окно Параметров команд с названием «Показать поверхность влияния перемещений» (см. Рисунок 3.11)

Для выбора доступны:

Вариант загрузки – вариант загрузки 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 3.1.2).

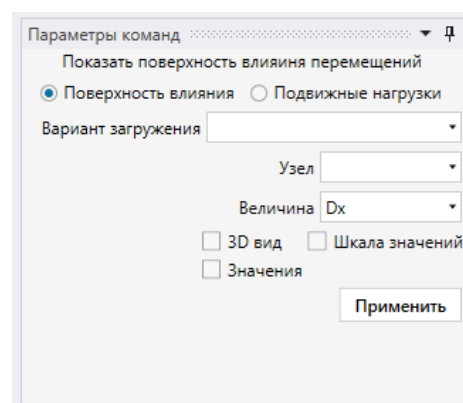


Рисунок 3.11 – Команда «Показать поверхность влияния перемещений»

Свойство «Поверхность влияния» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (3D вид, Значение, Шкала значений).

Свойство «Подвижные нагрузки» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства в выбранном варианте загрузки. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (Значение, Шкала значений). Свойство «3D вид» для данного набора параметров автоматически отключается.

При активации свойства «3D вид» поверхность влияния будет отображаться в объеме, в противном случае – в плоскости поверхности движения.

При активации свойства «Значение» возле каждого узла поверхности влияния будут отображаться текстовые значения величины ординаты.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на которой будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, поверхность влияния окрасится в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

### 3.2.3 Поверхность влияния усилий в стержнях. Экстремальное положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загрузки 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 3.12)

Для выбора доступны:

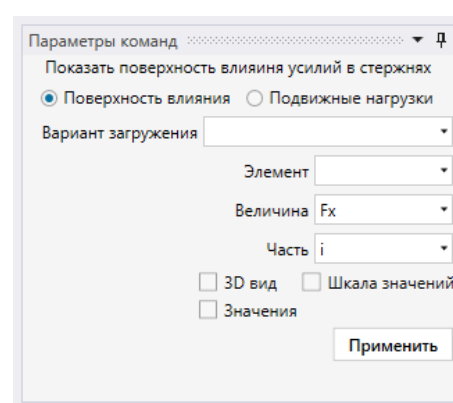


Рисунок 3.12 – Команда «Показать поверхность влияния усилий в стержнях»

Вариант загрузки – вариант загрузки 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 3.1.3).

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

Свойство «Поверхность влияния» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (3D вид, Значение, Шкала значений).

Свойство «Подвижные нагрузки» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства в выбранном варианте загрузки. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (Значение, Шкала значений). Свойство «3D вид» для данного набора параметров автоматически отключается.

При активации свойства «3D вид» поверхность влияния будет отображаться в объеме, в противном случае – в плоскости поверхности движения.

При активации свойства «Значение» возле каждого узла поверхности влияния будут отображаться текстовые значения величины ординаты.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на которой будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, поверхность влияния окрасится в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

### 3.2.4 Поверхность влияния усилий в плитах. Экстремальное положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загрузки 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 3.13)

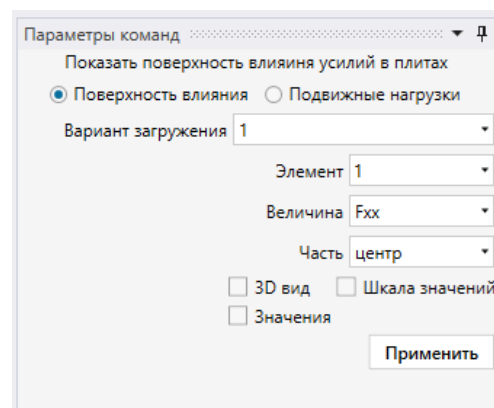


Рисунок 3.13 – Команда «Показать поверхность влияния усилий в плитах»

Для выбора доступны:

Вариант загрузки – вариант загрузки 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 3.1.6).

Часть – положение узла в элементе.  $i$  – узел в элементе с локальными координатами (0,0),  $j$  – узел в элементе с локальными координатами (0,1),  $k$  – узел в элементе с локальными координатами (1,1),  $m$  – узел в элементе с локальными координатами (1,0).

Свойство «Поверхность влияния» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (3D вид, Значение, Шкала значений).

Свойство «Подвижные нагрузки» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства в выбранном варианте загрузки. При активизации данного свойства будут



доступны дополнительные свойства (Значение, Шкала значений). Свойство «3D вид» для данного набора параметров автоматически отключается.

При активации свойства «3D вид» поверхность влияния будет отображаться в объеме, в противном случае – в плоскости поверхности движения.

При активации свойства «Значение» возле каждого узла поверхности влияния будут отображаться текстовые значения величины ординаты.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на которой будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, поверхность влияния окрасится в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

### 3.2.5 Поверхность влияния напряжений в плитах. Экстремальное положение ТС

Для отображения составляющей внутреннего усилия от любого варианта загрузки 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 3.14)

Для выбора доступны:

Вариант загрузки – вариант загрузки 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.

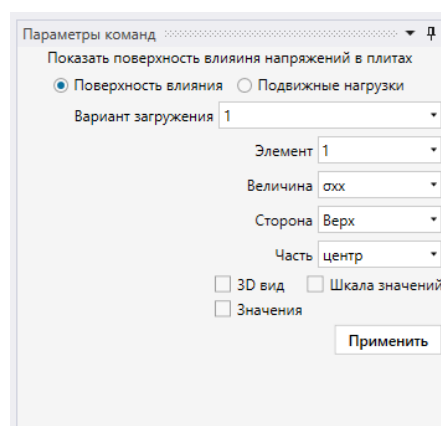


Рисунок 3.14 – Команда «Показать поверхность влияния напряжений в плитах»

Величина – компонента внутреннего усилия в плитном элементе (см. Раздел 3.1.7).

Часть – положение узла в элементе.  $i$  – узел в элементе с локальными координатами  $(0,0)$ ,  $j$  – узел в элементе с локальными координатами  $(0,1)$ ,  $k$  – узел в элементе с локальными координатами  $(1,1)$ ,  $m$  – узел в элементе с локальными координатами  $(1,0)$ .

Свойство «Поверхность влияния» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (3D вид, Значение, Шкала значений).

Свойство «Подвижные нагрузки» позволяет отображать непосредственно поверхность влияния и экстремальное положение транспортного средства в выбранном варианте загрузки. При активизации данного свойства будут доступны дополнительные свойства (Значение, Шкала значений). Свойство «3D вид» для данного набора параметров автоматически отключается.

При активации свойства «3D вид» поверхность влияния будет отображаться в объеме, в противном случае – в плоскости поверхности движения.

При активации свойства «Значение» возле каждого узла поверхности влияния будут отображаться текстовые значения величины ординаты.

При активации свойства «Шкала значений» с правой стороны окна визуализации появится шкала, на которой будут обозначены минимальные и максимальные значения выбранной величины. Кроме того, поверхность влияния окрасится в градиентные цвета от минимального значения к максимальному в соответствии со шкалой.

## 4 МАСТЕР КОНСТРУКЦИЙ

Модуль мастер конструкций расположен на вкладке «Модель» (см. Рисунок 4.1) и предназначен для автоматической генерации отдельных элементов мостового сооружения, таких как опора или пролетное строение. Исходными данными для создания конструкции 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  $Z$ .

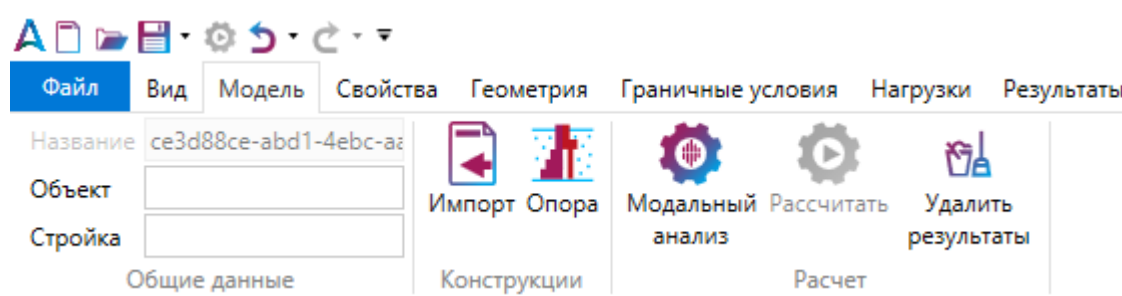


Рисунок 4.1 – Вкладка ленты Модель → Конструкции

Параметры конструкций, введенные в форму мастера создания, доступны для **сохранения** и **загрузки**. При сохранении формы также сохраняется информация о выбранных сечениях, материалов и грунтов. 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.

## 4.1 ОПОРА

Мастер создания опор предназначен для автоматического конструирования опоры только из балочных конечных элементов по расширенным параметрам (см. Рисунок 4.2 и Рисунок 4.3):

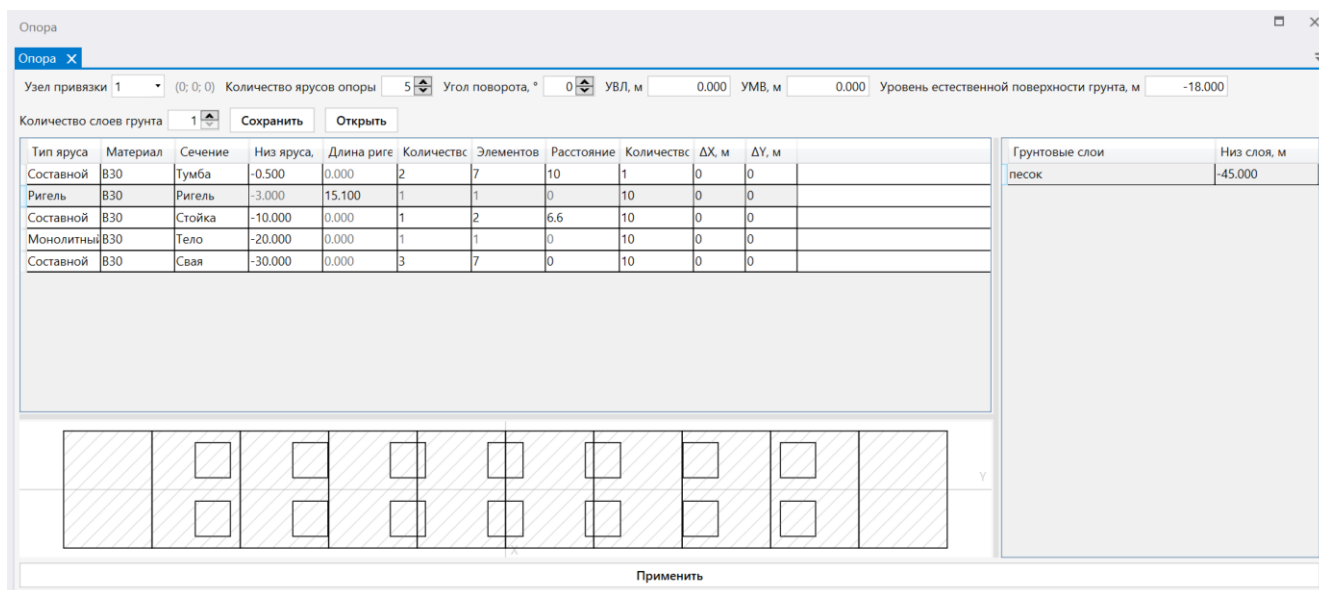


Рисунок 4.2 – Общий вид формы мастера создания опоры

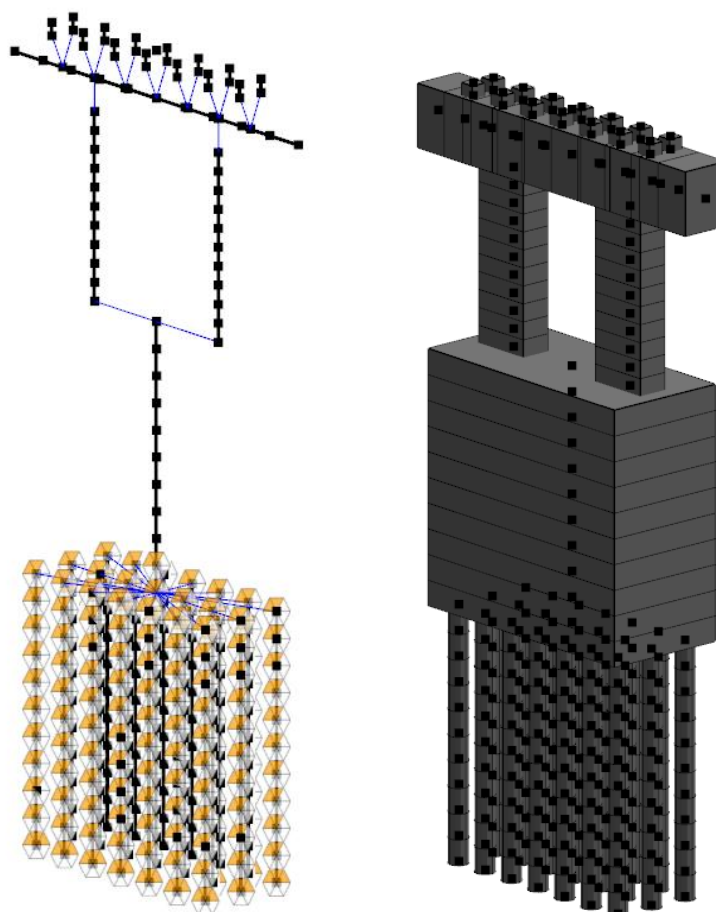


Рисунок 4.3 – Расчетная модель опоры, созданная с помощью мастера создания конструкций

- **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 поворота.** 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.

- **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.

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 2.6.1)

➤ **Сечение** – свойство, доступное из перечня ранее созданных сечений (см. разделы 2.6.4 и 2.6.6). 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  $XU$ . 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  $Z$ .

➤ **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».

➤ **Расстояние между крайними элементами в ряду** – 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 ( $\Delta X$ )** – 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 ( $\Delta Y$ )** – смещение оси яруса вдоль глобальной оси Y в пользовательских единицах измерения. Положительное направление глобальной оси Y изображено на схеме яруса под таблицей ярусов.

Параметры грунтов:

➤ **Грунтовый слой** – свойство, доступное из перечня ранее созданных грунтов (см. раздел 2.6.2).

➤ **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.

## 5 ПРОВЕРКИ

Вкладка Проверки предназначена для выполнения проверочных расчетов отдельных элементов конструкции в соответствии с выбранными нормами.

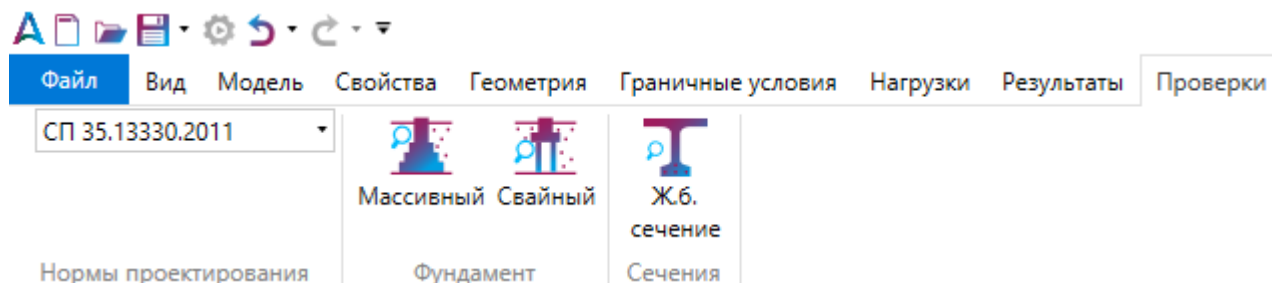


Рисунок 5.1 – Вкладка ленты Проверки

### 5.1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ 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 ПК 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 выполнения 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 (см. Рисунок 5.2 и Рисунок 5.3).

Усилия в элементах опор, необходимые для выполнения проверок по выбранным нормам, учитываются только в качестве сочетаний нагрузок, а не отдельных загрузений (см. Раздел 2.12). Перед выполнением 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 2.6.2). 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 5.2 – КЭ модель фрагмента моста для расчета массивного фундамента

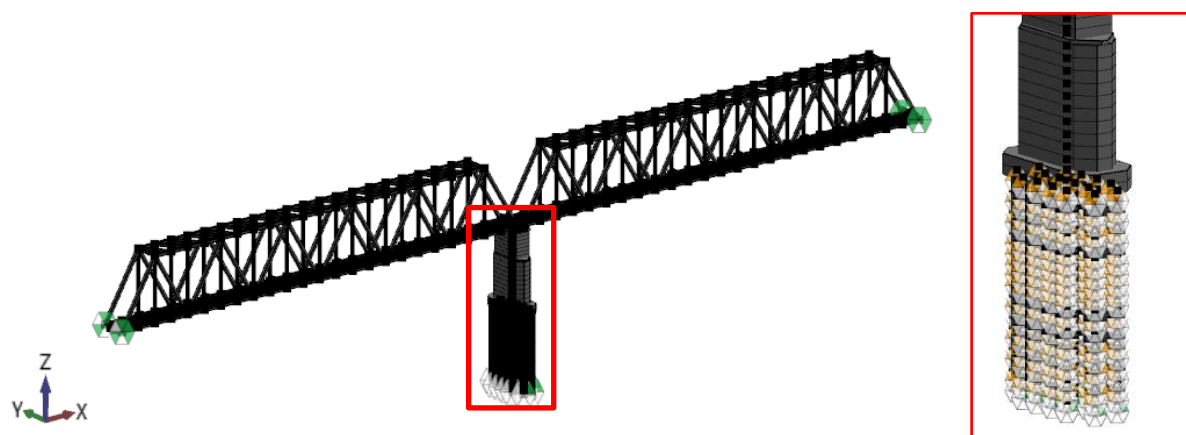


Рисунок 5.3 – КЭ модель фрагмента моста для расчета свайного фундамента

### 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.

Грунтовые слои		Сочетания нагрузок						
Грунтовые слои	Низ слоя, м	Сочетание	Fx, Н	Fy, Н	Fz, Н	Mx, Н·м	My, Н·м	Mz, Н·м
ПЕСОК МЕЛКИЙ	-10.000	Сочетание 24 (12') Минимум	-3.4E+007	2.7E+002	-3.0E+003	-1.0E-001	6.4E+004	-5.2E+003
ПЕСОК ГРАВЕЛИСТЫЙ	-20.000	Сочетание 24 Минимум	-3.4E+007	-4.6E+003	-7.9E+003	4.0E-001	1.3E+005	6.0E+004
		Сочетание 24 (11') Минимум	-3.4E+007	-4.6E+003	-1.3E+003	4.2E+000	-1.1E+004	6.0E+004
		Сочетание 24 (12') Минимум	-3.4E+007	4.6E+003	1.3E+003	-4.7E-001	1.0E+004	-5.9E+004
		Сочетание 25 Минимум	-3.4E+007	-5.8E+002	-1.2E+003	2.2E+000	2.3E+004	1.2E+004
		Сочетание 25 Минимум	-3.4E+007	-1.5E+003	-2.5E-002	1.2E+000	-2.4E+002	3.2E+004
		Сочетание 25 Минимум	-3.4E+007	-4.9E+005	-2.4E-002	-4.2E+002	-2.4E+002	1.5E+007
		Сочетание 25 Минимум	-3.4E+007	-1.7E+003	-2.5E-002	1.1E+000	-2.4E+002	3.7E+004
		Сочетание 25 Минимум	-3.4E+007	-2.6E+002	-2.7E+002	2.0E+000	5.0E+003	5.4E+003
		Сочетание 25 Минимум	-3.4E+007	-4.6E+003	-4.6E+003	2.3E+000	5.9E+004	6.0E+004
		Сочетание 26 Минимум	-3.4E+007	-5.8E+002	-1.2E+003	2.2E+000	2.3E+004	1.2E+004
		Сочетание 26 Минимум	-3.4E+007	-1.5E+003	-2.5E-002	1.2E+000	-2.4E+002	3.2E+004
		Сочетание 26 Минимум	-3.4E+007	-4.9E+005	-2.4E-002	-4.2E+002	-2.4E+002	1.5E+007
		Сочетание 26 Минимум	-3.4E+007	-1.7E+003	-2.5E-002	1.1E+000	-2.4E+002	3.7E+004
		Сочетание 26 Минимум	-3.4E+007	-2.6E+002	-2.7E+002	2.0E+000	5.0E+003	5.4E+003
		Сочетание 26 Минимум	-3.4E+007	-4.6E+003	-4.6E+003	2.3E+000	5.9E+004	6.0E+004
		Сочетание 27 Минимум	-3.4E+007	-5.8E+002	-1.2E+003	2.2E+000	2.3E+004	1.2E+004

Рисунок 5.4 – 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 2.6.2).

➤ **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.

### 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 2.5.17). Эту группу необходимо выбрать в поле «Группа». Программа сама разделит 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 2.6.2).

- **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 дальнейшем 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 5.5). Расчетное сечение ростверка принимается из характеристик введенного элемента.

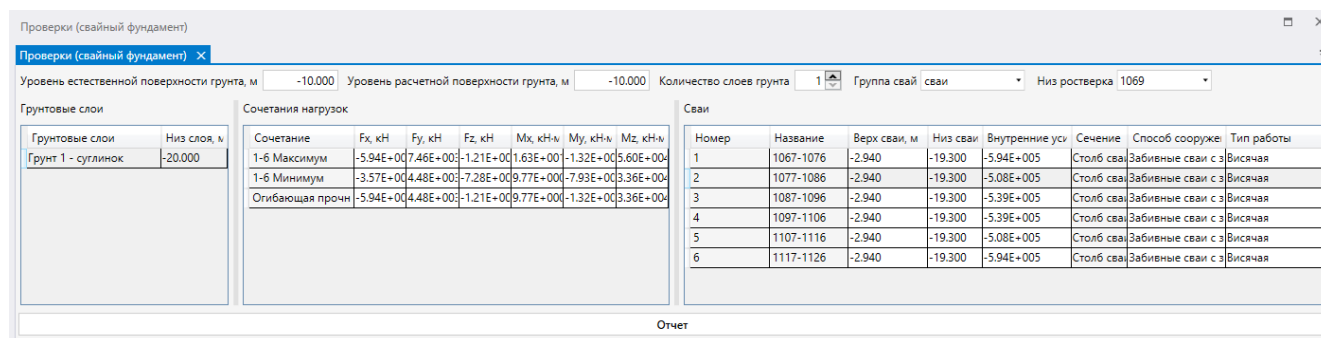


Рисунок 5.5 – Окно проверки свайного фундамента

Для выполнения расчета необходимо активировать команду Отчет нажатием соответствующей кнопки. Появится диалоговое окно с запросом пути сохранения отчета в формате \*.docx.

## 5.2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ 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.

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



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 неотредактируемом 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  $\mu$ , применяемом в зависимости от типа закрепления стержня.

- **Расчетная ширина раскрытия трещин ( $\Delta cr$ )** – 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:

1) **Способ армирования** – способ построения арматурных стержней в сечении. Возможные способы – по линии, когда стержни располагаются в одну линию, либо по радиусу, когда стержни располагаются по кругу на расстоянии радиуса от точки привязи (используются для круглых или кольцевых сечений).

2) **Узел привязки** – узел, относительно которого будут задаваться смещения начала арматурного ряда. Выбирается из списка анкерных точек, изображенных на схеме сечения.

3) **Диаметр** – диаметр арматурного стержня или проволоки в ряду в выбранных единицах измерения. Важно, чтобы для пучков был задан именно диаметр проволоки, так как он используется для определения ряда параметров по расчетным нормам.

4) **Число в пучке** – число стержней, входящих в пучок. По умолчанию равен 1, что характерно для обычной арматуры.

5) **Элементов в ряду** – число стержней, входящих в ряд.

6) **Материал** – материал стержней арматурного ряда, выбираемый из заранее созданных стандартных материалов.

7) **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.

8) **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.

9) **Радиус** – расстояние от узла привязки с учетом смещения до арматурных стержней для способа армирования по радиусу. Для армирования по линии данный параметр недоступен.

10) **Смещения  $\Delta Y$  и  $\Delta Z$**  – смещение от узла привязки до начала ряда при необходимости

В качестве пример на рисунке 5.7 показано квадратное сечение размерами 400x400 мм, 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

<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
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
$\Delta Y$ , мм	50
$\Delta Z$ , мм	50

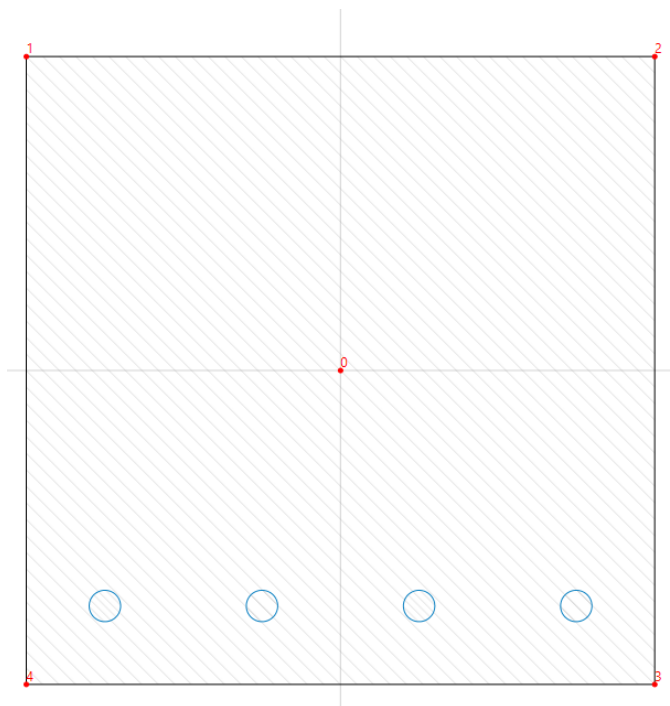


Рисунок 5.7 – Пример заданного армирования

Для выполнения расчета необходимо активировать команду Отчет нажатием соответствующей кнопки. Появится диалоговое окно с запросом пути сохранения отчета в формате \*.docx.



# ПАРИС

Автоматизация расчетов ИССО

## КОНТАКТЫ

ООО "Парис Софт"

г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191/3

+7 (913) 069-93-04

[info@paris-app.ru](mailto:info@paris-app.ru)