

**Всероссийский форум «ВМ.
Проектирование. Строительство. Эксплуатация»**

**ПРИМЕНЕНИЕ ПК ЛИРА-САПР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СООРУЖЕНИЯ В РАСЧЕТАХ
МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**



Козлов А.В.
генеральный директор ООО «ПРАКТИС-ЦЕНТР»,

Козлова А.В.
инженер ООО «ТИИС»





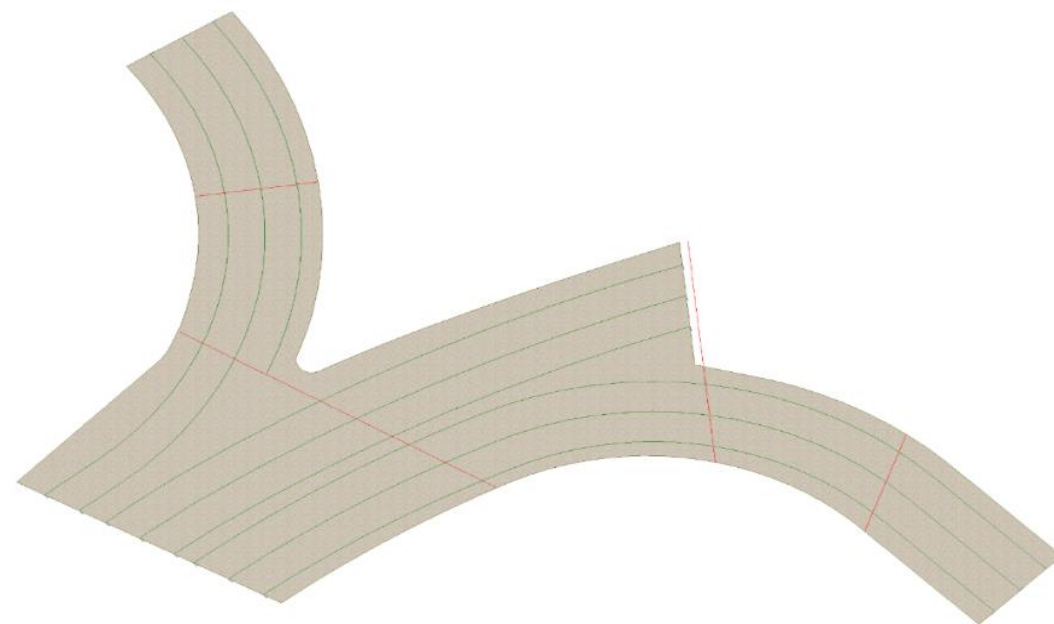
Введение

В списке задач, рассматриваемых в докладе:

- загрузка криволинейных пролетных строений различной конфигурации подвижными нагрузками по СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» в модуле «Транспортная нагрузка»;
 - построение огибающих эпюр усилий в процессоре РСН;
 - создание собственных материалов и последующий расчет армирования ненапрягаемых железобетонных конструкций мостов в нелинейной деформационной модели (НДМ);
 - создание многоматериальных сечений с нелинейными свойствами материалов.
- 

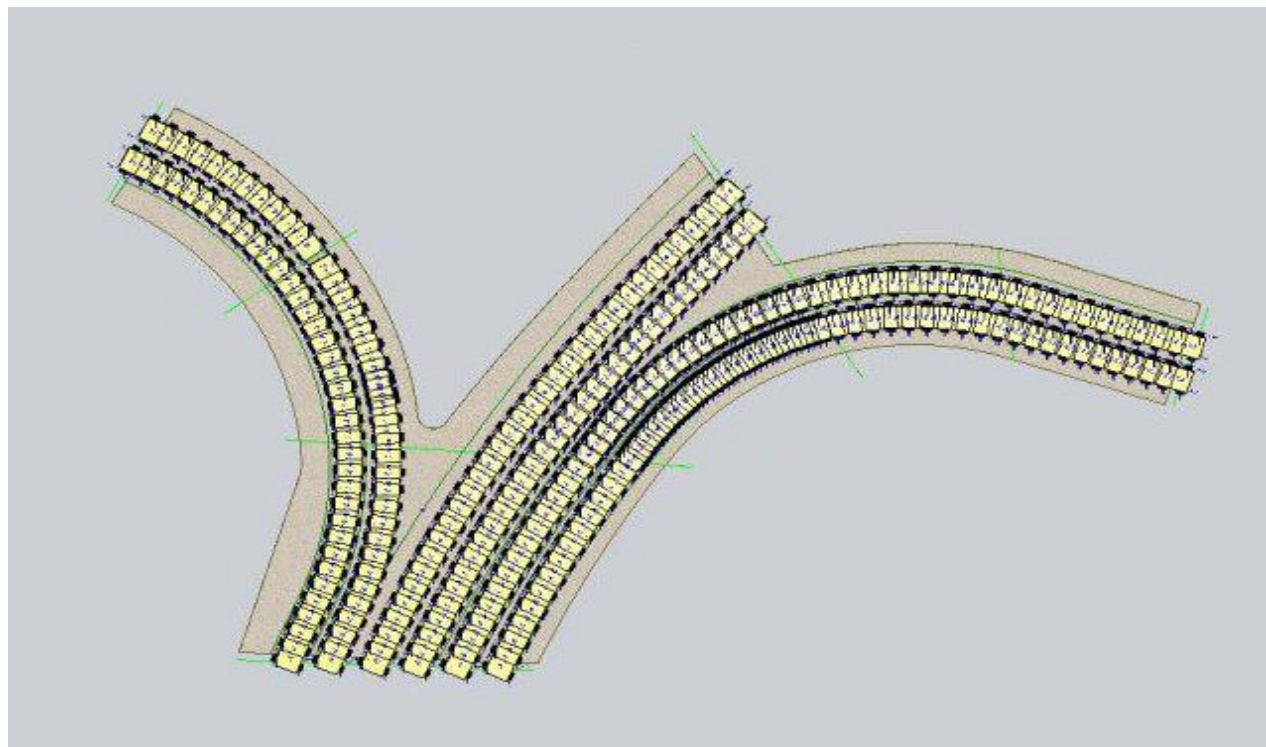
1. Загрузка временной подвижной нагрузкой криволинейных в плане пролетных строений согласно СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы».

Корректное задание подвижных нагрузок при расчете сооружений, криволинейных в плане, является одной из основных задач. С привлечением препроцессора САПФИР эту задачу можно решить, минимизировав трудозатраты. В качестве примера рассмотрим 4-ветвевую городскую эстакаду из монолитного ненапрягаемого железобетона.



В каждой полосе движения рассмотрены все возможные положения тележки автомобильной колесной нагрузки АК.

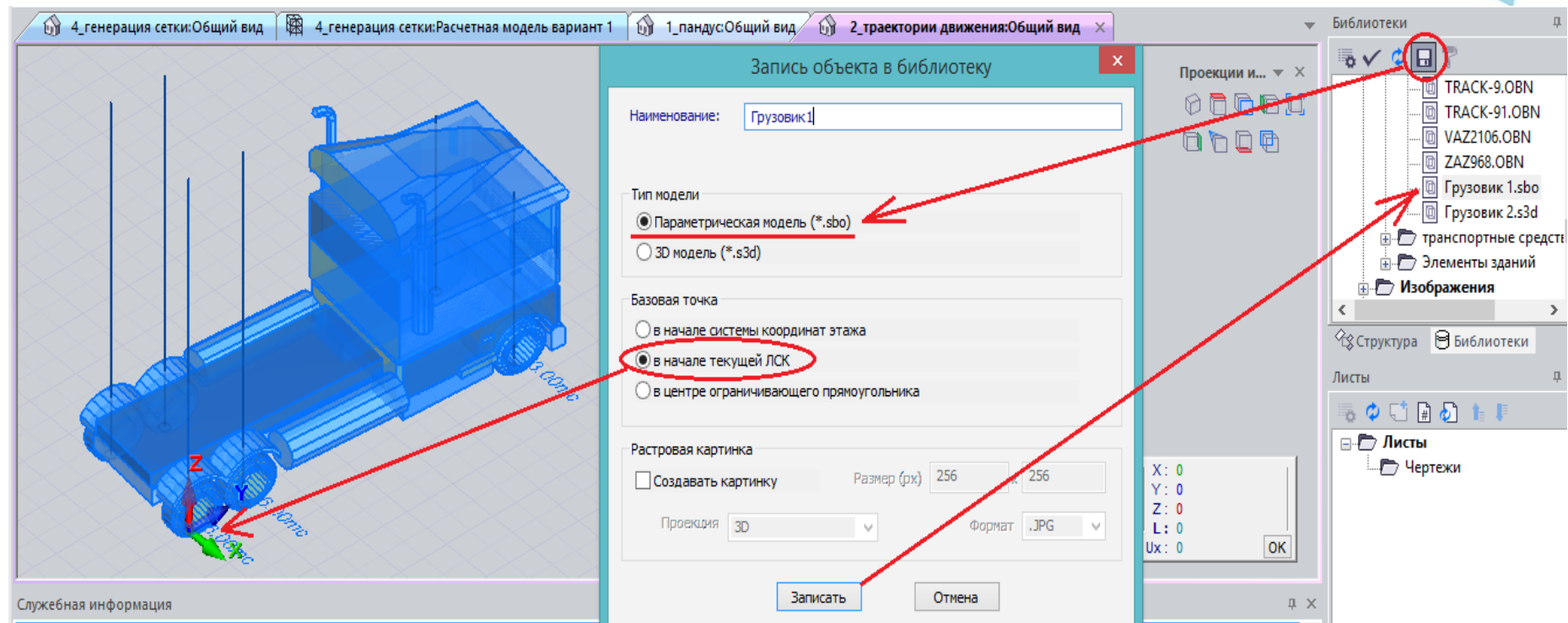
Далее в расчете в каждой полосе все эти нагрузки автоматически объявляются взаимоисключающими.



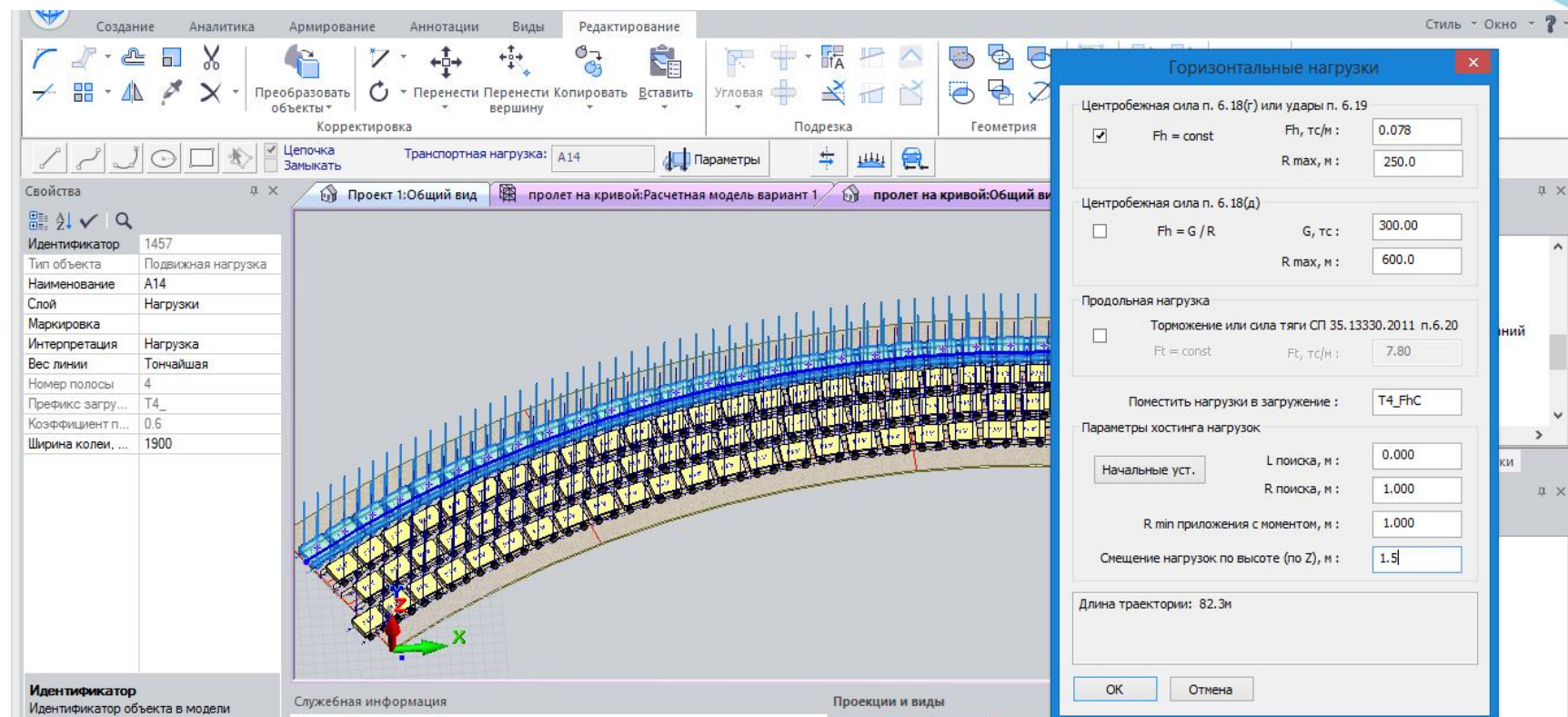
Имеется возможность создания собственных транспортных средств.

Модель записывается в библиотеку, которая находится в системной папке САПФИР «Library».

Библиотеку можно тиражировать на другие компьютеры.



Аналитически нагрузки представляют собой линейную распределенную нагрузку (полосовая составляющая) и нагрузку-штамп, то есть сосредоточенные силы под колесами (составляющая нагрузки от конкретного положения тележки).



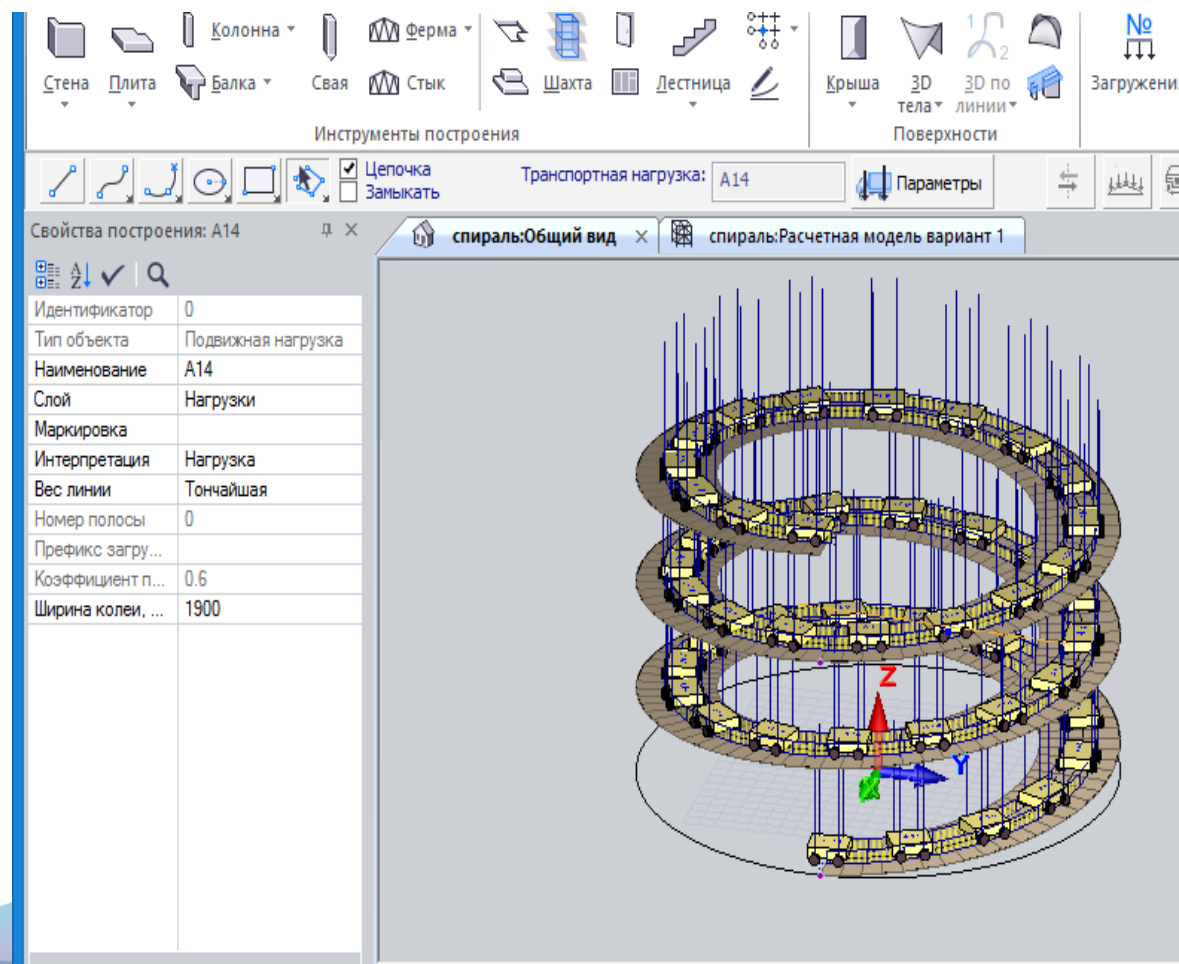
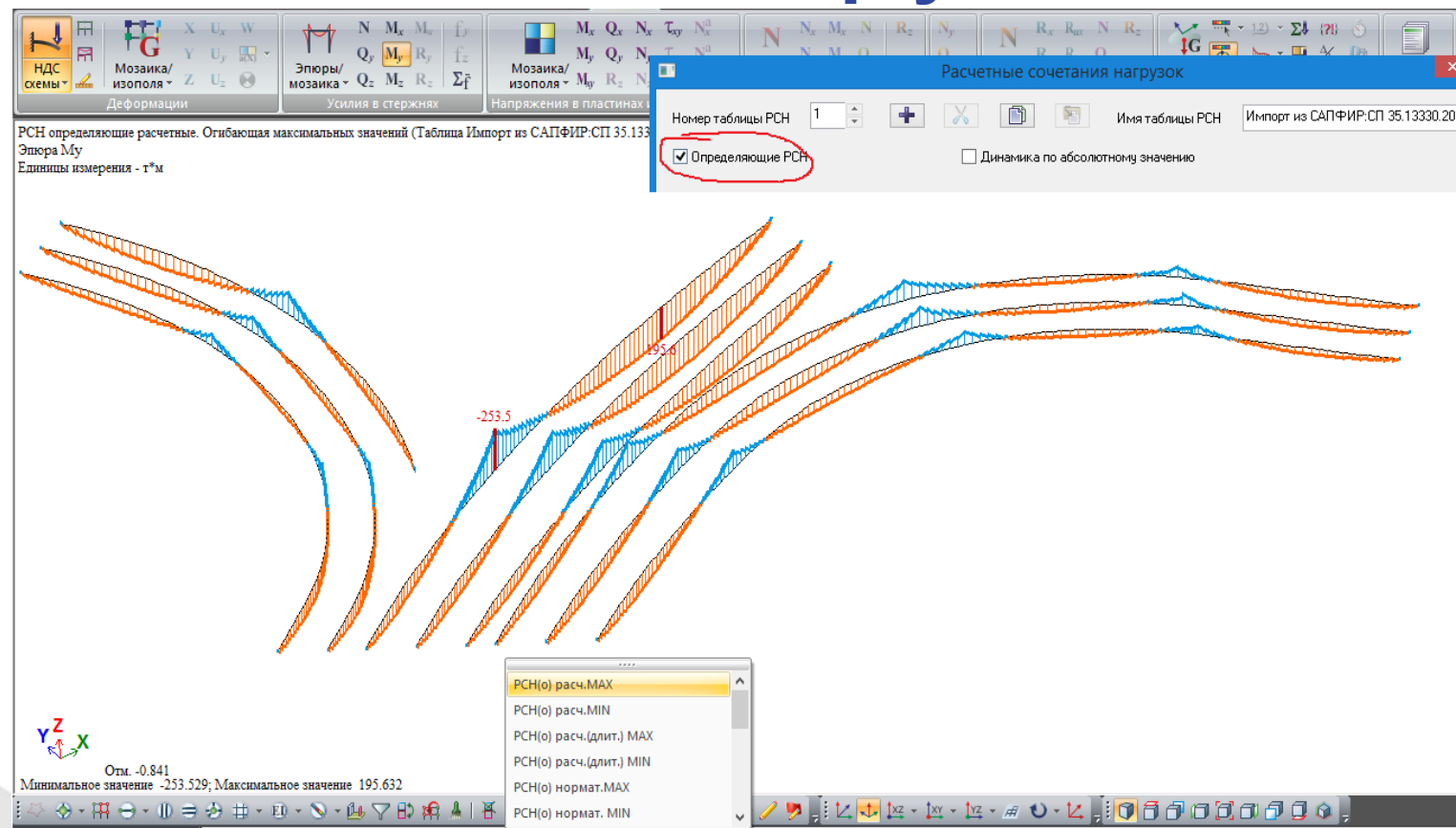
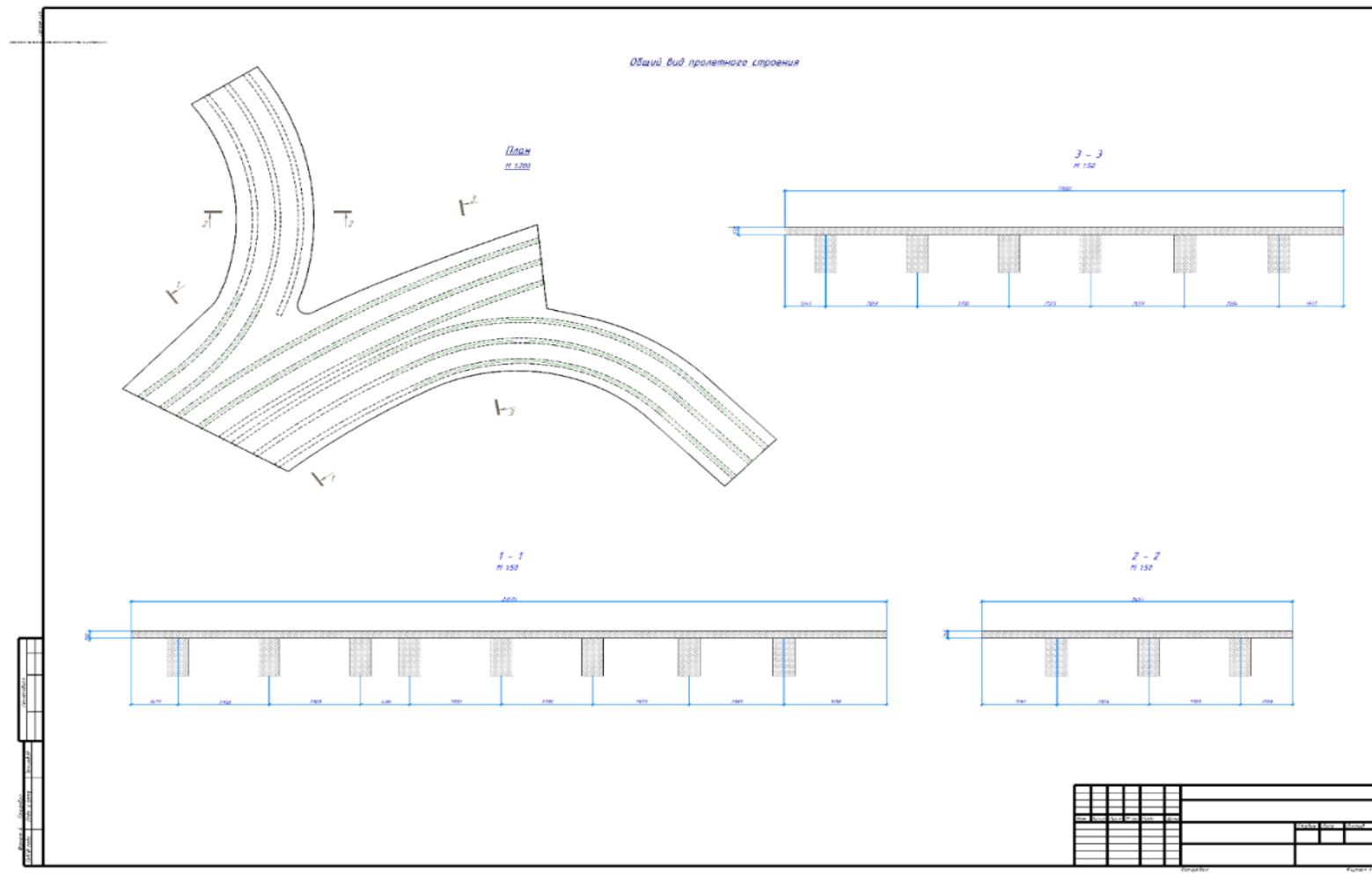


Схема использования возможности прокатывания нагрузки по спиральным пандусам

Построение огибающих эпюр усилий

Результатом использования системы САПФИР «Транспортные нагрузки» явилось значительное снижение трудоемкости получения огибающих эпюр усилий при многочисленных вариациях положения тележек АК на проезжих частях каждой ветви.





Опалубочный чертеж, полученный в «САПФИР» автоматически



2. Подбор армирования мостовых железобетонных конструкций в соответствии с требованиями СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»

В СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» присутствует запись, которая позволяет рассчитывать сечения пространственных моделей мостовых конструкций по СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры» с использованием нелинейных деформационных моделей (НДМ):

«7.61. ...Указаниями СП52-101 и СП52-102 рекомендуется руководствоваться при расчетах: железобетонных элементов на косое внецентренное сжатие и кривой изгиб;...элементов, работающих на изгиб с кручением.

Во всех перечисленных расчетах следует для бетона и арматуры принимать расчетные сопротивления и предельные деформации, установленные в настоящих нормах.»

Если перефразировать этот абзац, то можно сказать, что **во всех случаях сложного напряженного состояния рекомендуется пользоваться нормами СП 52-101-2003** «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры»

СНиП 52-01-2003 Материалы для расчета Ж/Б конструкций

☐ ТИП СТЕРЖЕНЬ

#	Название	Вид рас...	Симм...	Низ (...)	Верх...	Бок (...)	II пр...	Про...	Непр...	Шаг...	Знач...	Дли...	Рас...	Ly	Lz	Учи...	Выд...	Бок...	Мак...	Пр...
1 (1)	ригели	Стержень	H	5.00	5.00	5.00	+	0.30	0.30	Д	22	10.00	РД	15.00	15.00	-	-	-	10.00	20

☐ ПЛАСТИНА

#	Название	Вид расчета	Вуд. П...	Низ X (...)	Верх X ...	Низ Y (...)	Верх Y ...	1 кв.м....	II пред...	Продо...	Непро...	Шаг/Д...	Значение	Учиты...	Высот...	Р...
2 (1)	перех. плита	Оболочка	-	5.00	5.00	5.00	5.00	-	+	0.30	0.30	Ш	100	-	-	-

☒ БЕТОН

#	Название	R _{bn} , МПа	R _{bt} , МПа	E _b , МПа	Диаграмма напряжение-деформация	G _{b2} ...	G _{b3} ...	G _{b4} ...	SEY ...	SEZ ...
2 (1)	В30 мостовой	22.0	1.8	32500.0	2-х линейная диаграмма состояния скатого бетона	0.90	1.00	1.00	0.00	0.00

☐ АРМАТУРА

#	Название	R _X П...	Профиль	R _s , МПа	R _{sw} , МПа	R _Y П...	Профиль	R _s , МПа	R _{sw} , ...	R _T П...	Профиль	R _s , МПа	R _{sw} , МПа	S ₁ , ...	S ₂ , ..
2 (1)	A400 мостовая	A400...	Периодического...	350.0	280.0	A400...	Периодич...	350.0	280.0	A400...	Периоди...	350.0	280.0	1.00	1.00

СНиП 52-01-2003
Название
В30 мостовой

Класс бетона по прочности на сжатие
В20-2 + -

Коэффициенты условий работы
γ_{b2} 0.9 γ_{b3} 1 γ_{b4} 1

Относительная влажность воздуха, % 80

Диаграмма напряжение-деформация
2-х линейная диаграмма состояния скатс

Случайные эксцентриситеты
По высоте сечения EY 0 см
По ширине сечения EZ 0 см

В20-2 (МПа)	
R _b	15.50
R _{bt}	1.10
E _{ps_b0} (*1000)	2.00
E _{ps_b2} (*1000)	2.00
E _{ps_b1red} (*1000)	0.48
E _{ps_bt0} (*1000)	0.10
E _{ps_bt2} (*1000)	0.10

✓ ✗ + - ✂ ✕ ➡ 📄 📋 🖨 🖼

Схема ввода данных для расчета мостовой железобетонной конструкции

The diagram shows a cross-section of a reinforced concrete slab. The total width is 2.7m and the total depth is 2.0m. Top reinforcement consists of four bars labeled 'f10'. Bottom reinforcement consists of eight bars arranged in two rows of four, also labeled 'f10'. Stirrups are shown as circles around the bottom bars. Dimensions indicate a clear height of 1.8m, a top layer thickness of 150mm, and a bottom layer thickness of 100mm. Spacing between bars is indicated as 150mm.

Technical drawing of a rectangular reinforced concrete slab. The drawing shows the slab's dimensions and reinforcement details. The overall width is 1.20m and the overall height is 1.20m. The slab is reinforced with 12 bars (6 on each side) and 12 bars (6 on each side). The reinforcement is shown as black dots within the slab's perimeter. The drawing includes dimension lines and labels for the reinforcement bars.

Allyl R ¹	Compound	Structure	Yield	mp, °C	Ref
		5			
H	7007-1034-3		0.24	44.7-45	
H	7007-1034-7		0.65	51.6-52	
CH ₃	7007-1034-6		0.31	49.5-50	
H	7007-1034-2		0	29.0-30	
H	7007-1034-3		0	23.3-24.5	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3		0	22.7-23.7	
H	7007-1034-3				

[illegible]

1. Сформулируйте и обоснуйте основные положения теории происхождения государства и права.

2. Охарактеризуйте основные формы государственной власти и их взаимодействие.

3. Опишите основные принципы государственного управления и их реализацию.

4. Определите основные функции государства и их реализацию.

5. Охарактеризуйте основные формы государственного управления и их реализацию.

[illegible]^a C_{10}H_8 , C_{10}H_6 , C_{10}H_4 .
$$C_{\text{DM}} = A_0^2$$

Арматурный чертеж балки, сгенерированный в САПФИР

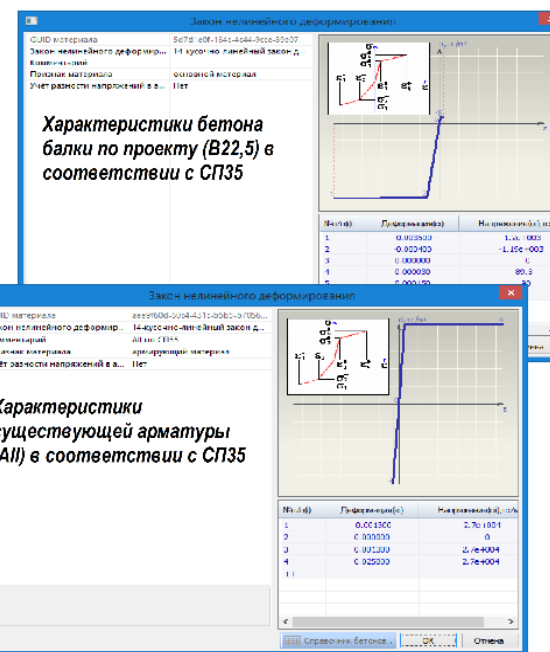
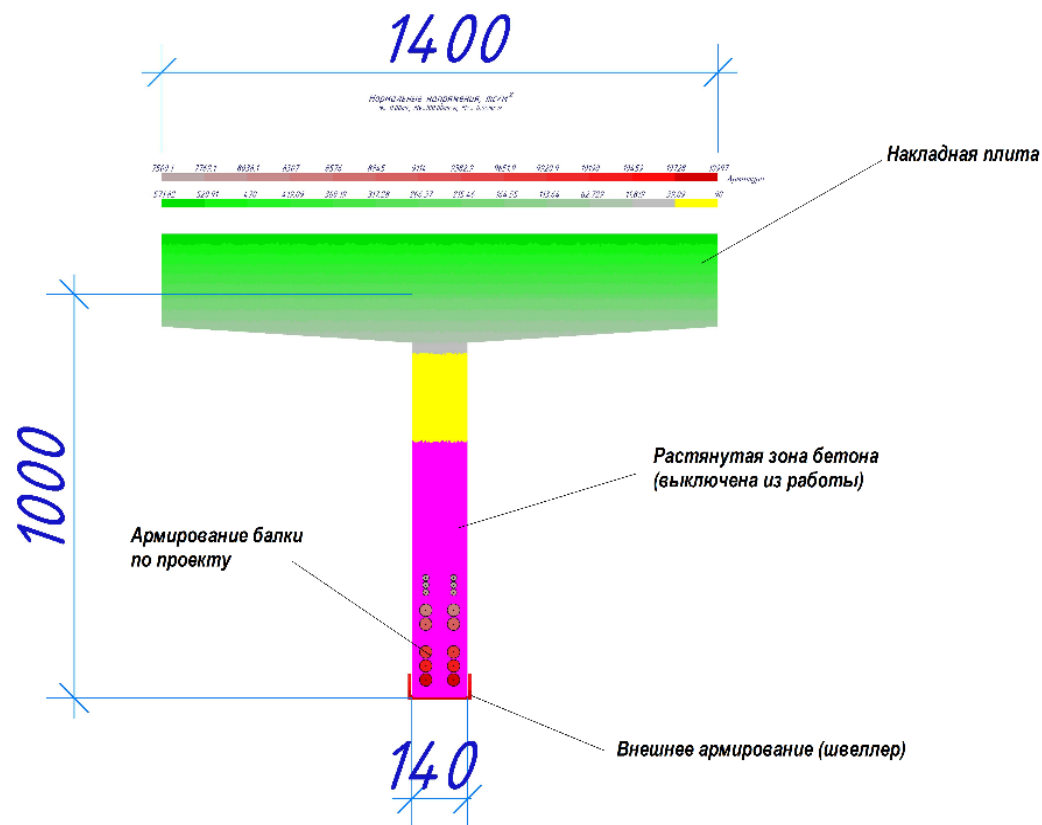


3. Использование дополнительной системы «Конструктор сечений универсальный»

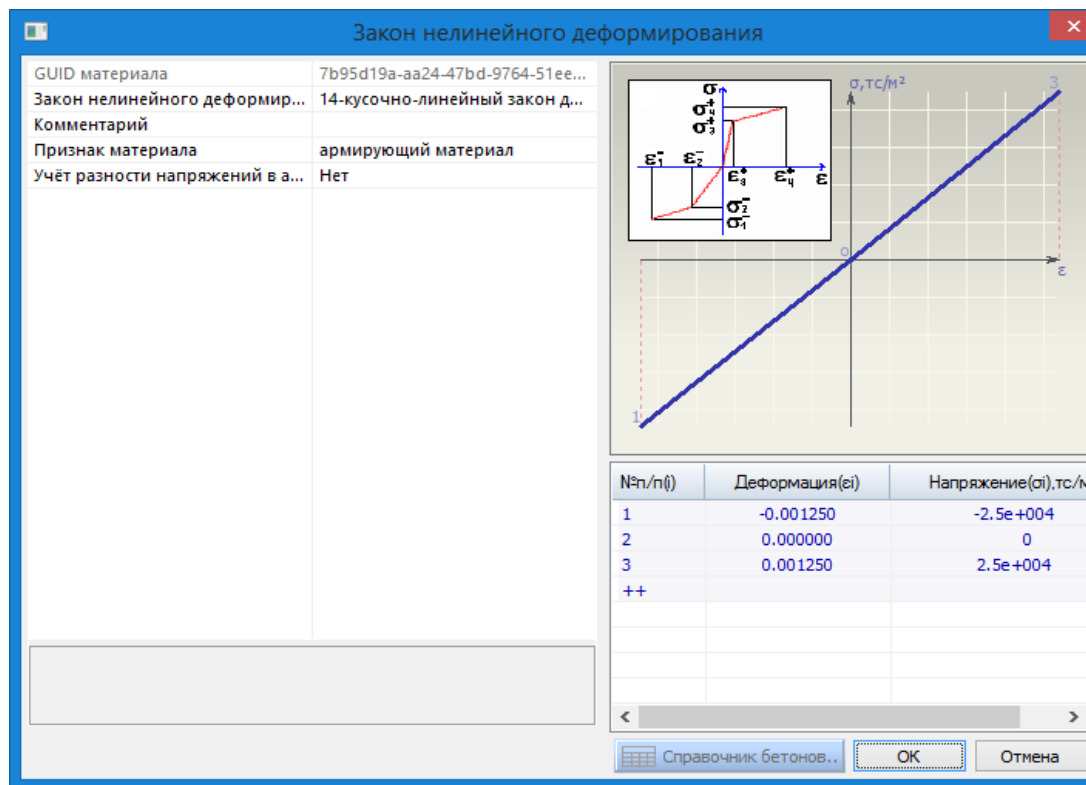
Говоря об информационной модели, используемой на всем протяжении жизни сооружения, речь зачастую идет о многоматериальном сечении, самым распространенным примером которого можно считать усиленный внешним армированием при реконструкции железобетон. Новая система «Конструктор сечений универсальный» позволяет вести расчеты таких сечений.

Помимо возможности провести расчет на какую-то конкретную нагрузку (при этом определяются напряжения в бетоне балки и накладной плиты, высота растянутой зоны бетона; усилия и напряжения в каждом арматурном стержне и во внешнем армировании), можно выполнить наглядный расчет предельного усилия.

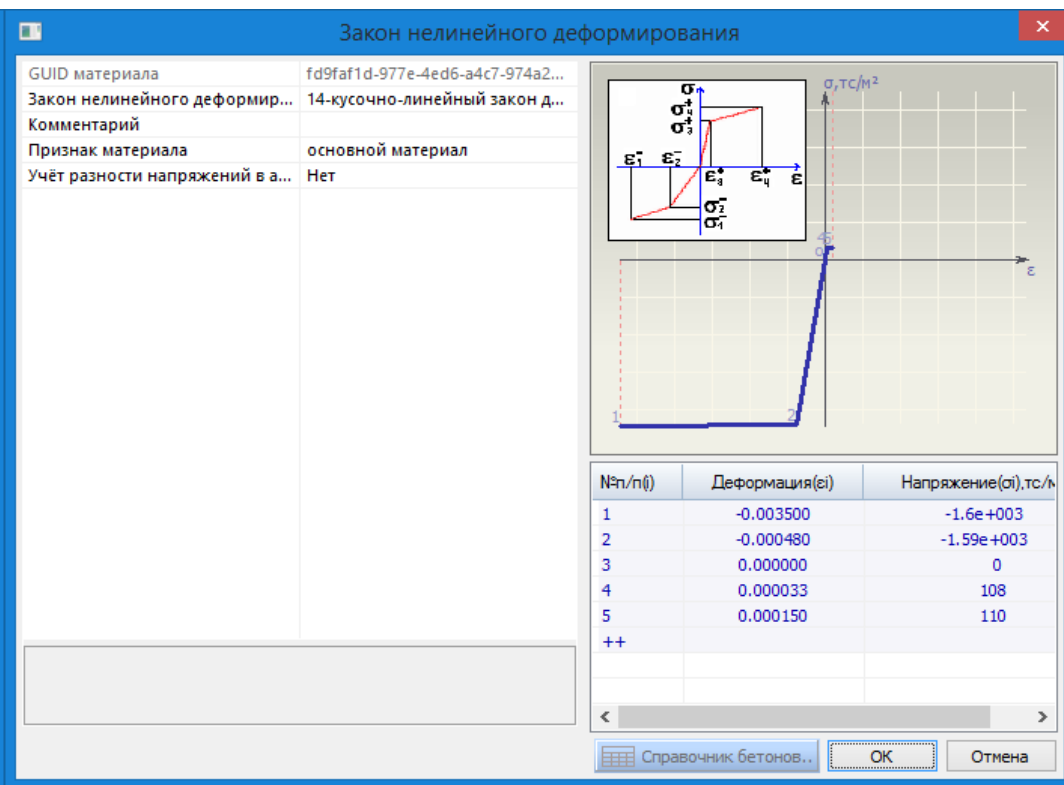




Пример 1. Схема поперечного сечения каркасной балки, усиленной накладной плитой ($M=100 \text{ т*м}$)

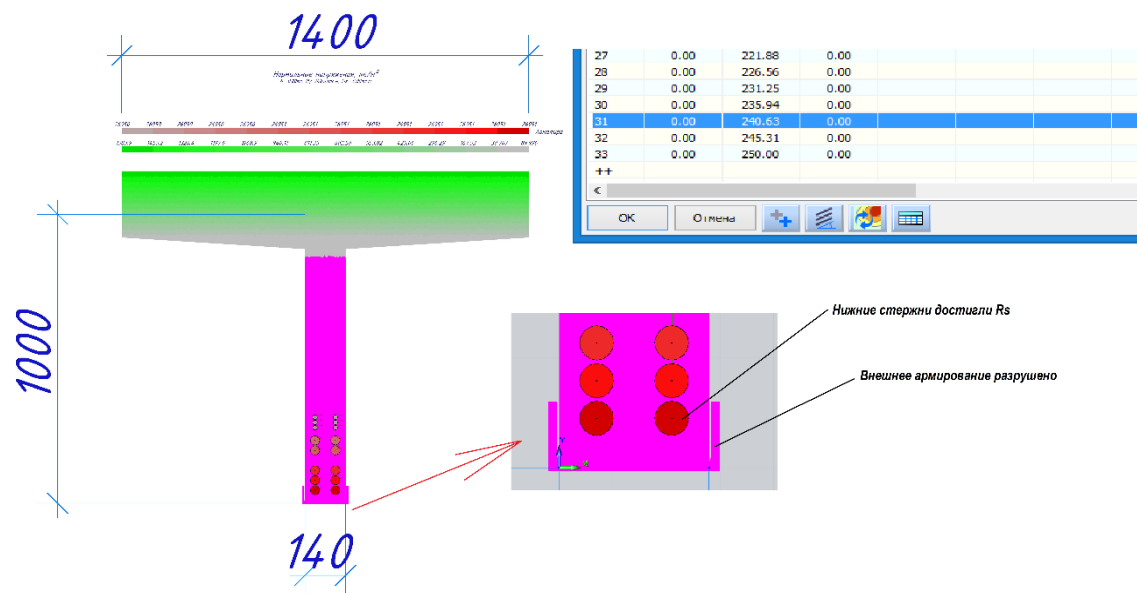


Сталь С245

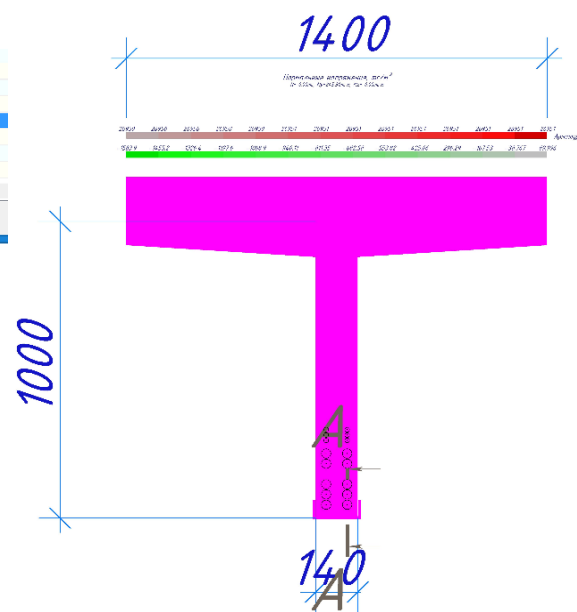


Бетон накладной плиты В30

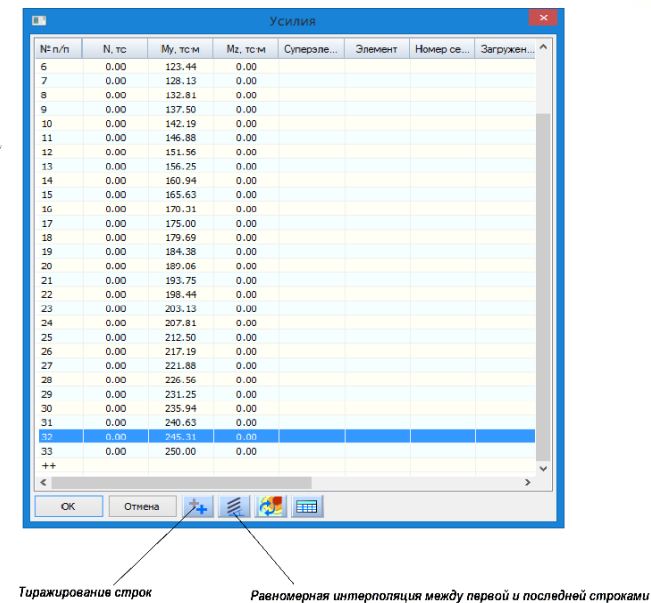
Пример 1. Характеристики бетона накладной плиты и внешней арматуры по СП 35.13330.2011



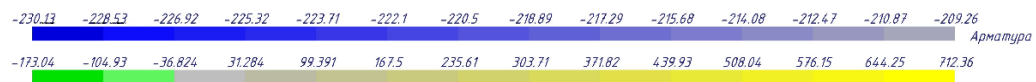
$M=240,63 \text{ т*м};$
 $\sigma=R_s$, внешнее армирование порвано



$M=245,31 \text{ т*м};$
сечение разрушено

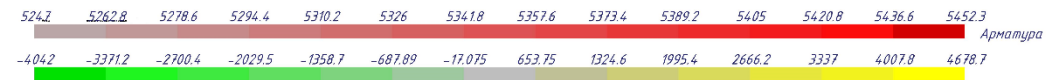


Пример 1. Схема поперечного сечения усиленной каркасной балки с визуализацией напряжений



$EA = 8303630.873880 \text{ тс}$ – Осевая жесткость
 $EI_y = 14019040.313011 \text{ тс}\cdot\text{м}^2$ – Изгибная жесткость относительно главной оси $Y1$
 $EI_z = 22431125.887817 \text{ тс}\cdot\text{м}^2$ – Изгибная жесткость относительно главной оси $Z1$
 $EI_{yz} = 0 \text{ тс}\cdot\text{м}^2$ – Центробежная жесткость относительно главных осей $Y1 Z1$

$M_{\text{изгиб}} > 0$



$EA = 3369787.725230 \text{ тс}$ – Осевая жесткость
 $EI_y = 7237862.665932 \text{ тс}\cdot\text{м}^2$ – Изгибная жесткость относительно главной оси $Y1$
 $EI_z = 2284689.815068 \text{ тс}\cdot\text{м}^2$ – Изгибная жесткость относительно главной оси $Z1$
 $EI_{yz} = 0 \text{ тс}\cdot\text{м}^2$ – Центробежная жесткость относительно главных осей $Y1 Z1$

$M_{\text{изгиб}} < 0,$

ЖБ плита выключена из работы

Пример 2. Изополя напряжений в сталежелезобетонном сечении



Выводы

Современные версии ПК ЛИРА-САПР представляют разнообразные, широкие и удобные возможности создания достаточно подробной информационной модели, для исследования НДС мостовых конструкций на разных стадиях жизненного цикла объекта.



The background of the slide is white, featuring abstract geometric patterns of overlapping, semi-transparent triangles and polygons in various colors (red, orange, yellow, green, blue, purple, and grey) along the top and bottom edges. The text "Спасибо за внимание!" is centered in the middle of the slide in a bold, dark blue font.

Спасибо за внимание!