



Ассоциация развития
стального строительства

Подбор сечений стальных строительных конструкций

Версия 4.1

Примеры решения задач

Руководство пользователя

Оглавление

Введение	3
1. Единицы измерения и система координат	4
2. Подбор сечений при задании РСУ	5
2.1 Центрально-сжатые и центрально-растянутые двутавровые элементы	5
2.1.1 Пример 2.1 - (Пример 6.2.1 [2]).....	5
2.1.2 Пример 2.2 - (Пример 6.2.2 [2]).....	14
2.1.3 Пример 2.3 - центрально-сжатый и центрально-растянутый элемент..	27
2.2 Сжато-изгибаемые (внецентренно-сжатые) двутавровые элементы	36
2.2.2 Пример 2.4- (Пример 6.3.1 [2]).....	36
2.3 Сжато-изгибаемые элементы замкнутого сечения (трубы)	43
2.3.1 Пример 2.5.....	43
2.4 Подбор сечения балки из сварного двутавра	48
2.4.1 Пример 2.6.....	48
3 Подбор сечений при получении РСУ из расчета балки	58
3.1 Двутавровые балки	58
3.1.1 Пример 3.1 - (Пример 6.4.1 [2]).....	58
3.2 Балки из составных сечений	73
3.2.1 Пример 3.2.....	73
4 Подбор сечений при получении РСУ из расчета стойки.....	86
4.3 Двутавровые стойки.....	86
4.3.1 Пример 4.1.....	86
5 Подбор сечения стропильной балки из перфорированного двутавра.....	101
5.3 Пример 5.1.....	101

Введение

Программа подбора сечений предназначена для предварительного назначения параметров стальных конструкций на основании ограниченного набора исходных данных о конструкции, и действующих на неё нагрузок.

Программа позволяет подбирать сечения:

- прокатных двутавров с параллельными гранями полок (сортамент ГОСТ Р 57837 и ТУ 24107-016-00186269-2021);
- сварных труб круглого сечения (ГОСТ Р 58064);
- профилей гнутых замкнутых квадратного и прямоугольного сечений (ГОСТ 30245);
- сварных двутавров;
- балок из прокатных двутавров с перфорированной стенкой.
- балок из составных сечений:
 - тавра с приваренной пластиной в качестве верхнего пояса;
 - тавра с приваренной пластиной в качестве нижнего пояса;
 - двутавра с приваренной пластиной к нижнему поясу.

1. Единицы измерения и система координат

В программе используются следующие единицы измерения

- Длина – м;
- размеры сечений – мм;
- сила – кН;
- изгибающий момент - кН·м;
- напряжения – МПа.

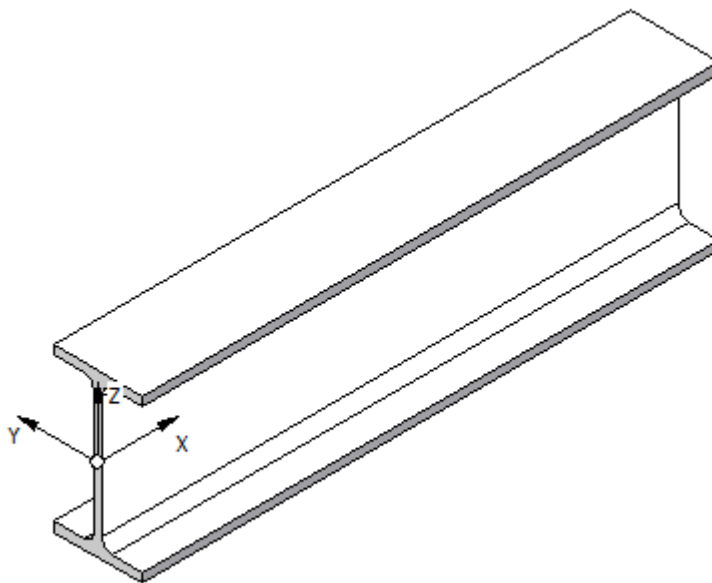


Рисунок 1. 1

2. Подбор сечений при задании РСУ

2.1 Центральнo-сжатые и центрально-растянутые двутавровые элементы

2.1.1 Пример 2.1 - (Пример 6.2.1 [2])

Требуется подобрать сечение центрально-сжатой основной колонны одноэтажного здания из колонного двутавра по ГОСТ Р 57837 при следующих условиях:

- высота колонны – 10,0 м;
- опорный узел имеет жёсткое соединение с основанием,
- крепление ригелей покрытия – шарнирное в двух направлениях.
- максимальная расчётная нагрузка от перекрытия при неблагоприятном сочетании составляет $N = 1840$ кН.
- материал – сталь металлических конструкций здания – С255 по ГОСТ 27772

Решение

1. На вкладке **Общие данные** главного окна, рис. 2.1:
 - выбрать опцию **Двутавры прокатные**,
 - на вкладке **ГОСТ ГОСТ Р 57837** выбрать из списка тип двутавра **Колонный (К)**,
 - на панели **Материал** нажать кнопку **Выбрать/Изменить материал**;

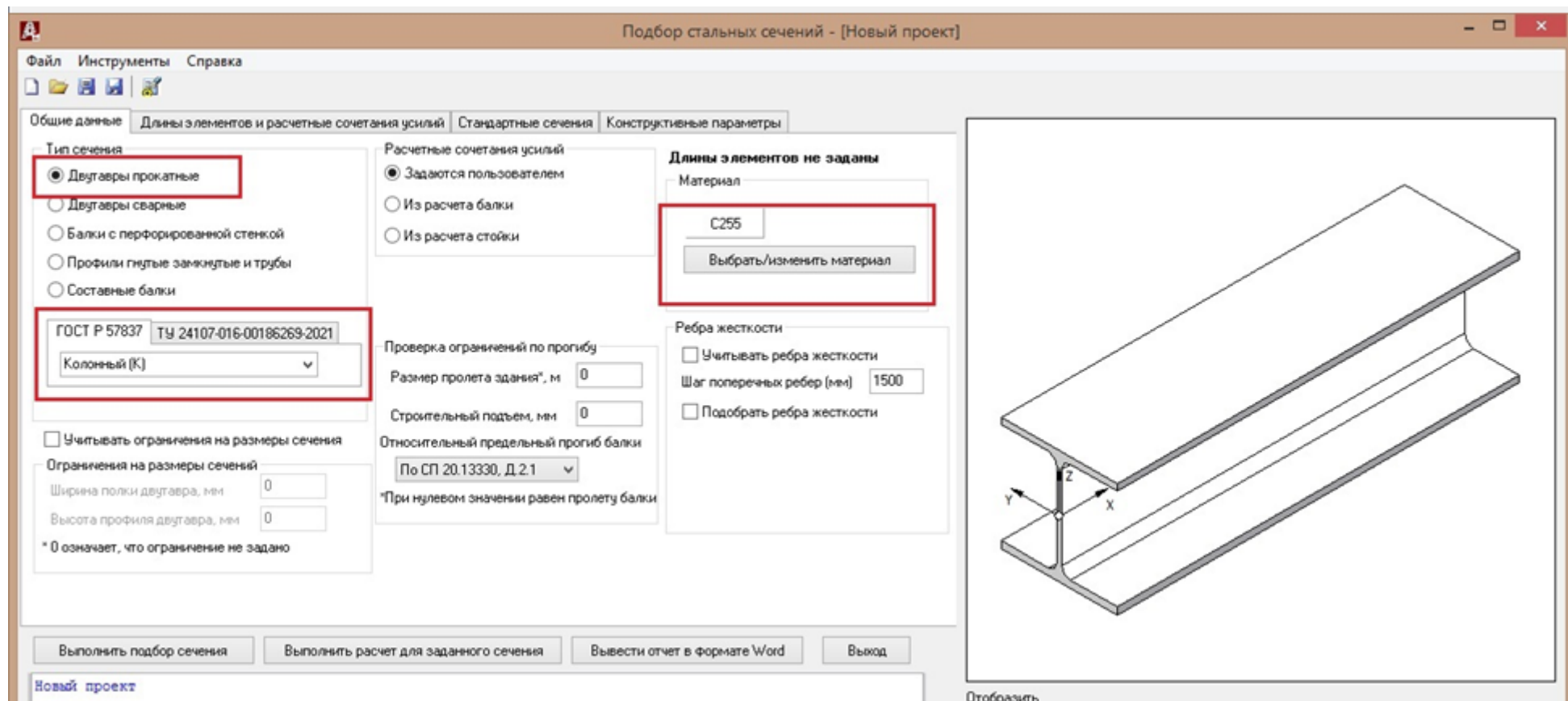


Рисунок 2. 1

- выбрать сталь **C255** по ГОСТ 27772, нажать **Применить**, рис. 2.2.

Выбор материала

Номер Сталь

Упругие свойства

Модуль Юнга, Е (МПа)

Модуль сдвига, G (МПа)

Коэффициент Пуассона, μ

Плотность (кг/м³)

Нормативные сопротивления стали C255, МПа

Толщина проката, мм	R _{yk}	R _{yk}
От 4 до 10 включ.	255	380
Св. 10 до 20 включ.	245	370
Св. 20 до 40 включ.	235	370

Коэффициент надежности по материалу γ_m

Рисунок 2. 2

2. Перейти на вкладку **Длины элементов расчетные сочетания усилий**, рис. 2.3:

- Нажать кнопку **Добавить элемент**.
- В поле **Длина L, м** задать 10 - это высота колонны;
- На панели **Способ задания расчетной длины** выбрать **Коэффициент расчетной длины μ** ;
- Задать коэффициенты расчетной длины μ_{XZ} и μ_{XY} равными 0.7, что соответствует схеме закрепления №2, рис. 2.4;
- Нажать кнопку **Завершить задание длин**

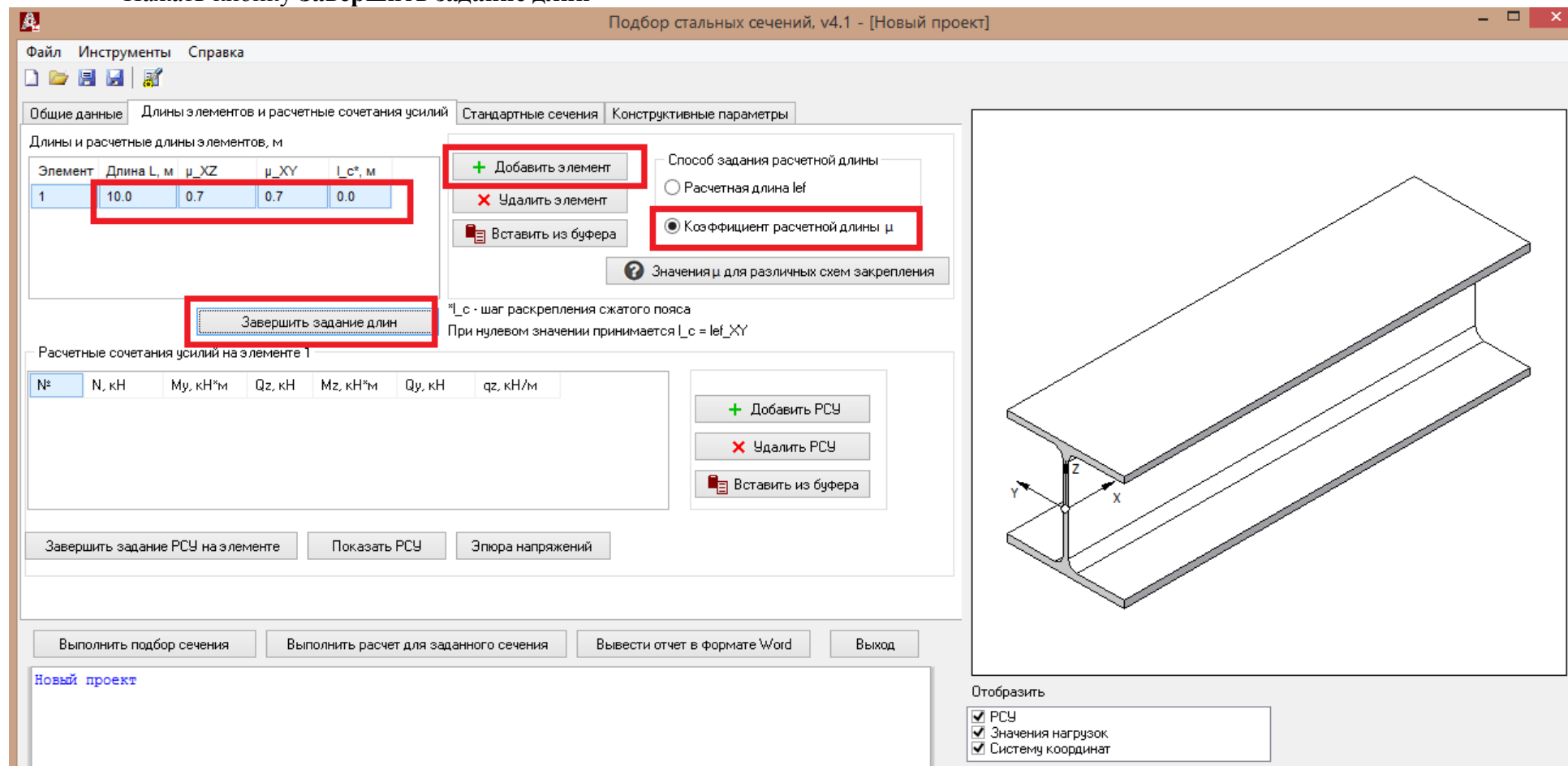


Рисунок 2. 3

Коэффициенты расчетной длины колонн в зависимости от закрепления концов и вида нагрузки								
Схема закрепления колонны (стойки) и вид нагрузки								
μ	1,0	0,7	0,5	2,0	1,0	2,0	0,725	1,12

Рисунок 2. 4

3. нажать кнопку **Добавить РСУ**, в поле **N, кН** задать значение продольной нагрузки -1840,
4. нажать кнопку **Завершить задание РСУ на элементе**, рис. 2.5.

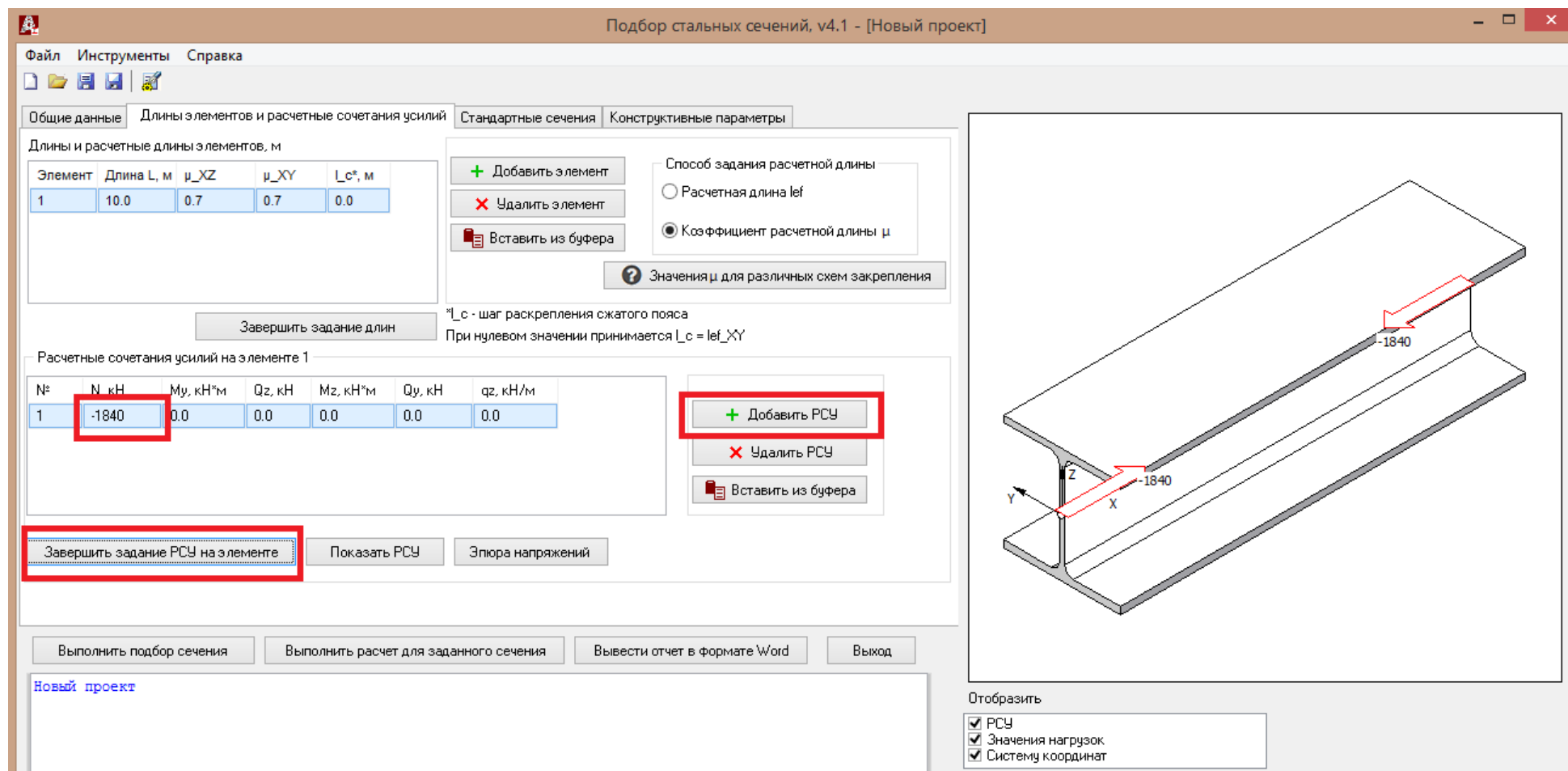


Рисунок 2. 5

5. Перейти на вкладку **Конструктивные параметры** и задать $\gamma_s=1.0$ и $\gamma_p=1.0$, и выбрать значения предельной гибкости λ , рис. 2.6;

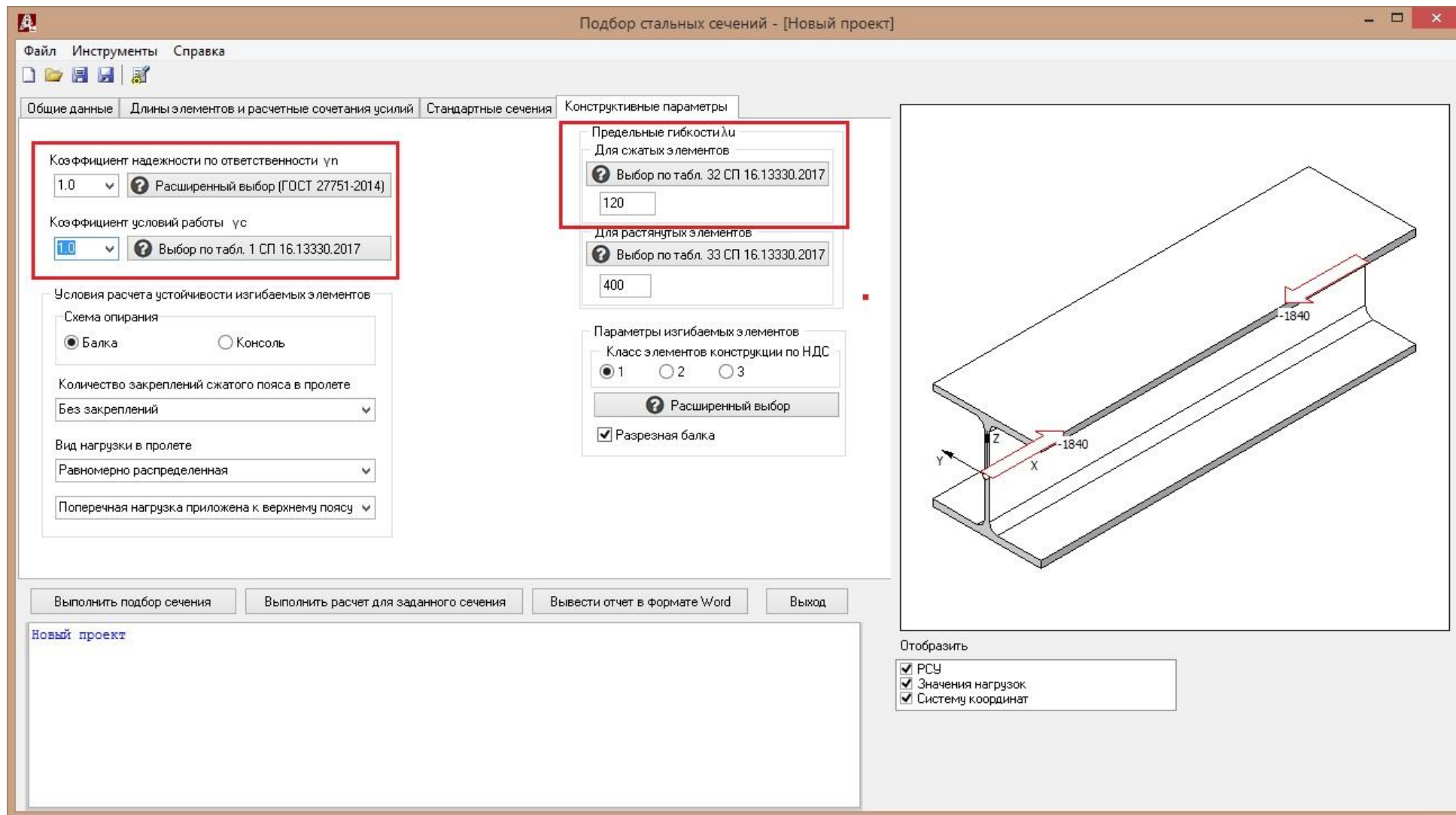


Рисунок 2. 6

6. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке **Стандартные сечения**, рис. 2.7;

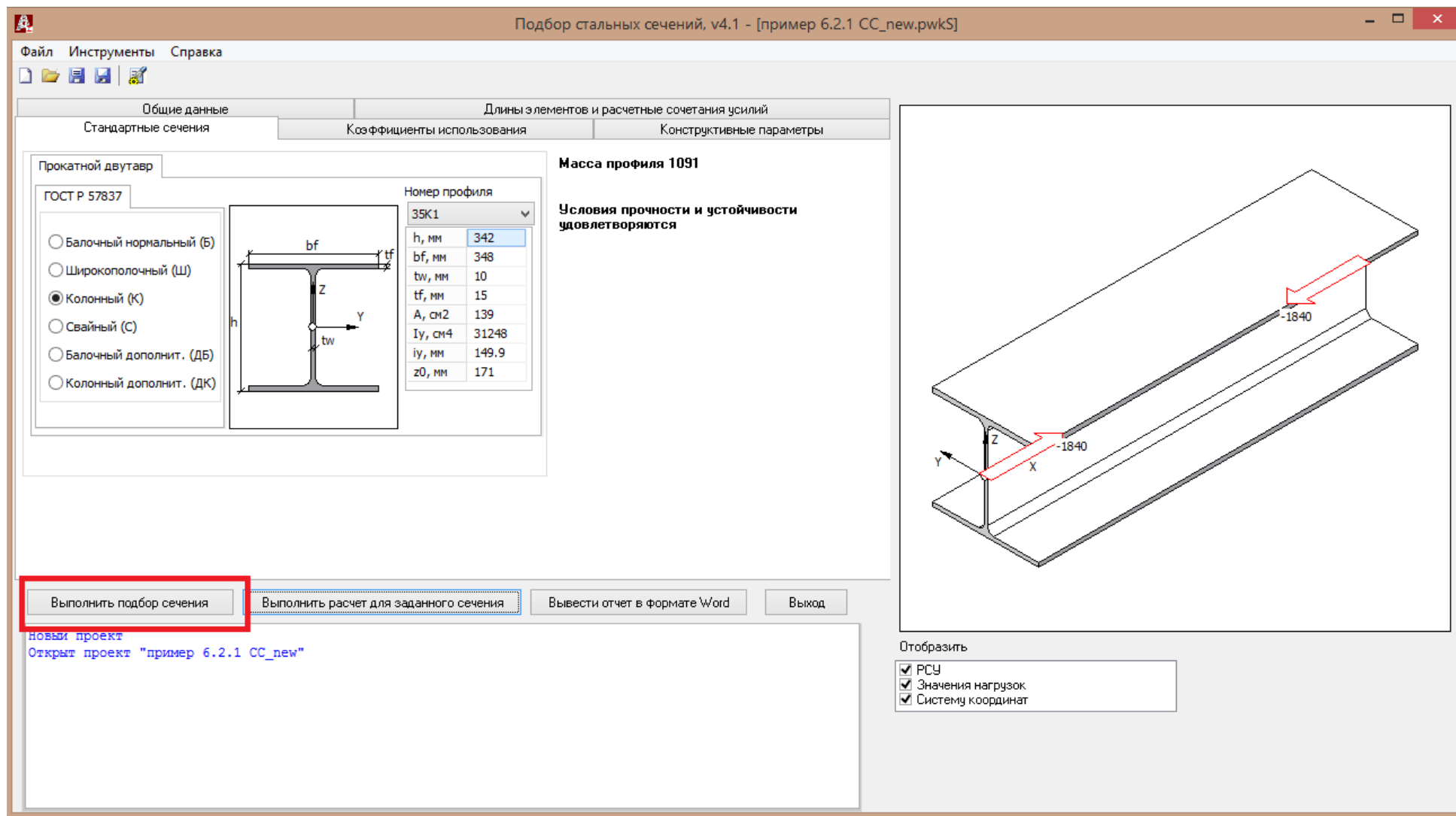


Рисунок 2. 7

7. Коэффициенты использования для колонны выводятся на одноименной вкладке, рис. 2.8.

Задача решена.

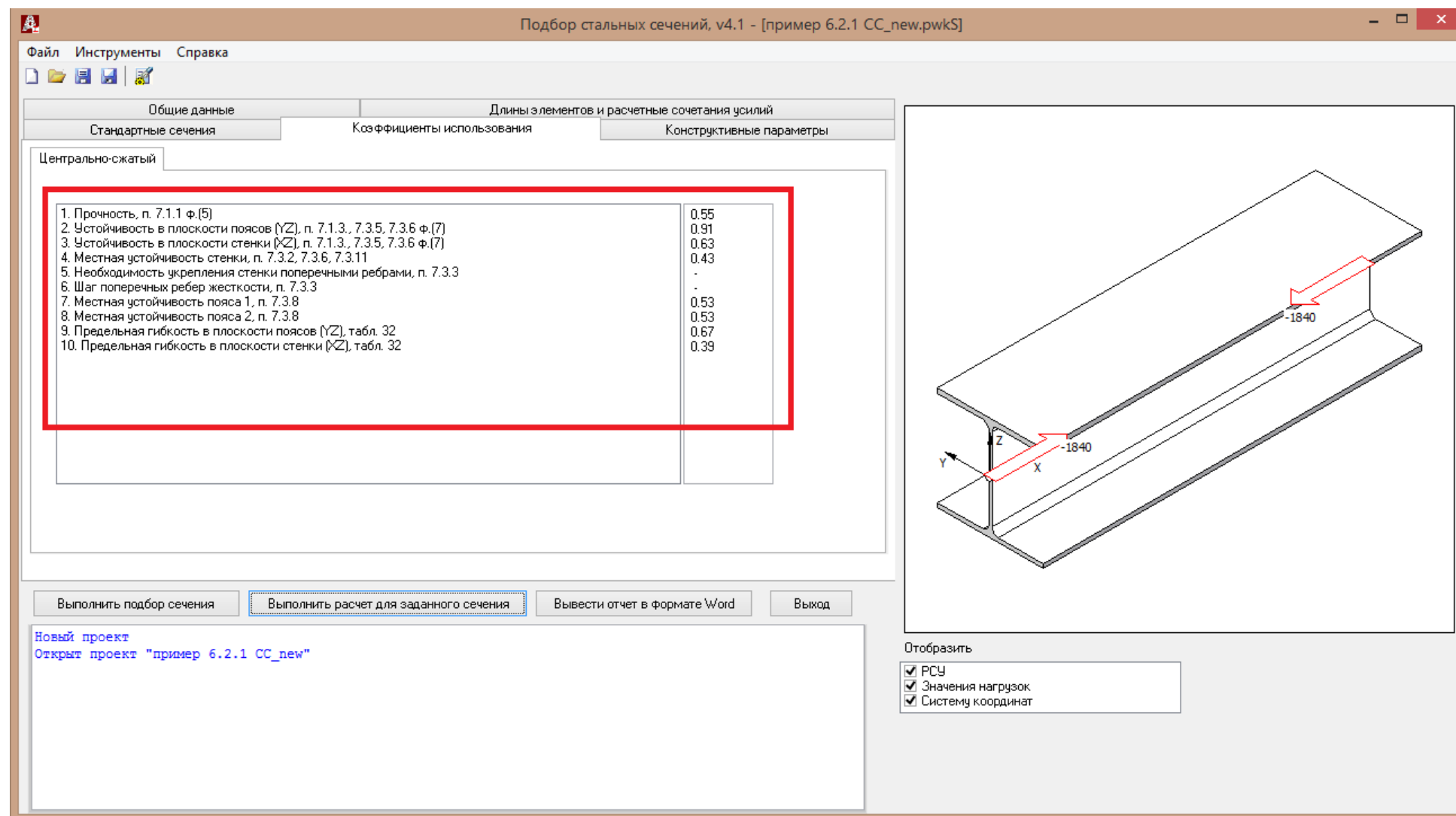


Рисунок 2. 8

2.1.2 Пример 2.2 - (Пример 6.2.2 [2])

1. Требуется подобрать сечение центрально-сжатой основной колонны первого этажа двенадцатиэтажного здания из широкополочного двутавра по ГОСТ Р 57837 при следующих условиях:
 - высота типового этажа 4,0 м, высота первого – 5,0 м;
 - опорный узел имеет шарнирное соединение с основанием,
 - крепление ригелей покрытия – шарнирное в двух направлениях.
 - в плоскости наименьшей жёсткости колонны раскреплены распорками на половине высоты этажа;
 - пространственная жёсткость здания обеспечена системой связей;
 - максимальная расчётная нагрузка от одного перекрытия при неблагоприятном сочетании составляет $N_{\text{этаж}} = 430 \text{ кН}$;
 - максимальная расчётная нагрузка от крыши при неблагоприятном сочетании составляет $N_{\text{крыши}} = 270 \text{ кН}$;
 - материал – сталь металлических конструкций здания – С255 по ГОСТ 27772

Решение

2. На вкладке **Общие данные** главного окна, рис. 2.9:

- выбрать опцию **Двутавры прокатные**;
- на вкладке **ГОСТ ГОСТ Р 57837** выбрать из списка тип двутавра **Балочный широкополочный (Ш)**;
- на панели **Материал** нажать кнопку **Выбрать/Изменить материал**;

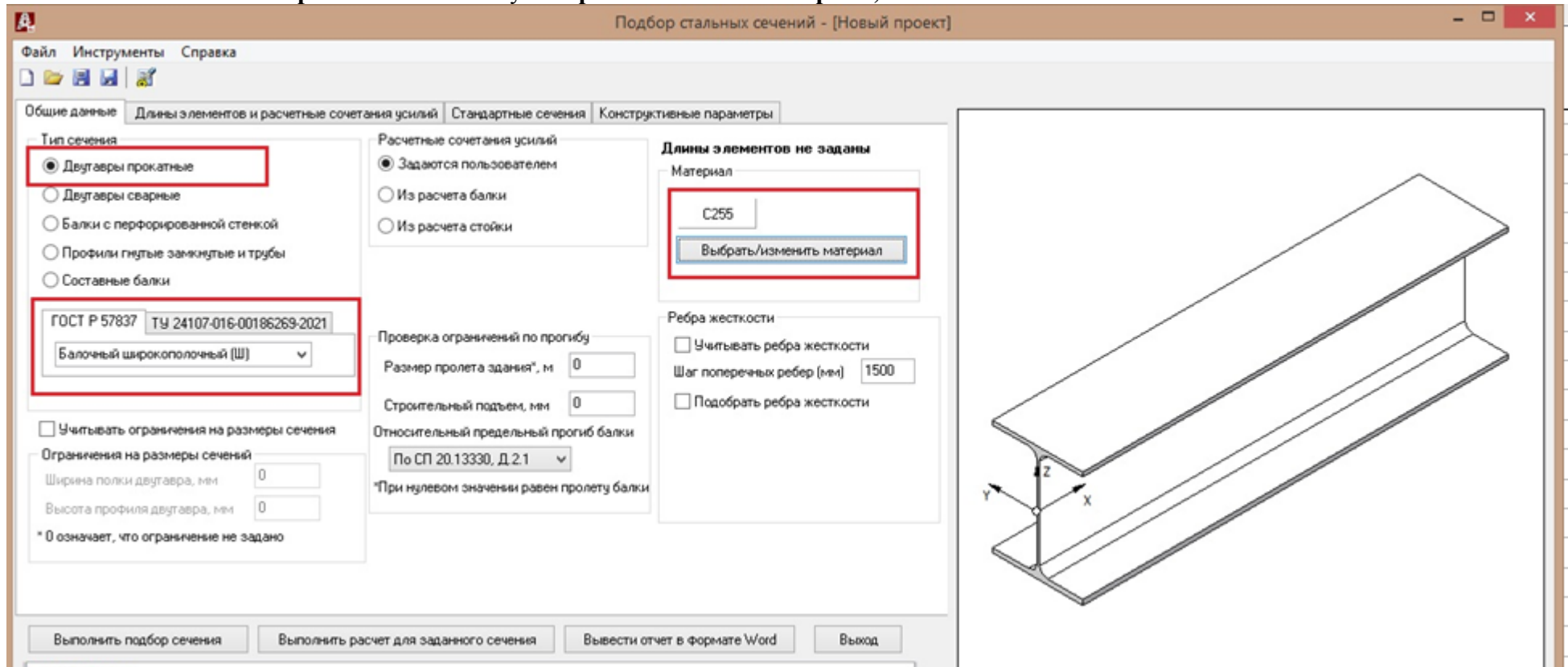


Рисунок 2. 9

- выбрать сталь **C255** по ГОСТ 27772, нажать **Применить**, рис. 2.10.

Выбор материала

Номер Сталь

Упругие свойства

Модуль Юнга, Е (МПа)

Модуль сдвига, G (МПа)

Коэффициент Пуассона, μ

Плотность (кг/м³)

Нормативные сопротивления стали C255, МПа

Толщина проката, мм	R _{yp}	R _{up}
От 4 до 10 включ.	255	380
Св. 10 до 20 включ.	245	370
Св. 20 до 40 включ.	235	370

Коэффициент надежности по материалу γ_m

Рисунок 2. 10

3. Перейти на вкладку **Длины элементов расчетные сочетания усилий**.

Заданная расчётная схема для колонн любого этажа в обеих плоскостях соответствует схеме №1, рис. 2.11, для которой $\mu=1$, но, согласно п. 3.1.6 [2], при предварительных расчётах для колонн первого этажа $\mu=0,7$.

Таким образом, таблица **Длины и расчетные длины элементов** будет содержать данные для двух элементов колонны - типового этажа и первого этажа.

Коэффициенты расчетной длины колонн в зависимости от закрепления концов и вида нагрузки









Схема закрепления колонны (стойки) и вид нагрузки								
μ	1,0	0,7	0,5	2,0	1,0	2,0	0,725	1,12

Рисунок 2. 11

- На панели Способ задания расчетной длины выбрать **Расчетная длина** ;
- Два раза нажать кнопку **Добавить**;
- Для элемента 1 (типовой этаж):
 - в поле **Длина L, м** задать 4.0;
 - в поле **len_XZ, м** (расчетная длина в пл. XZ) 4.0;
 - в поле **len_XY, м** (расчетная длина в пл. XY) 2.0, т.к. в этой плоскости колонна раскреплена на половине этажа;
- Для элемента 2 (первый этаж):
 - в поле **Длина L, м** задать 5.0;
 - в поле **len_XZ, м** (расчетная длина в пл. XZ) $5 \cdot 0.7$;
 - в поле **len_XY, м** (расчетная длина в пл. XY) $2.5 \cdot 0.7$, т.к. в этой плоскости колонна раскреплена на половине этажа;

рис.2.12

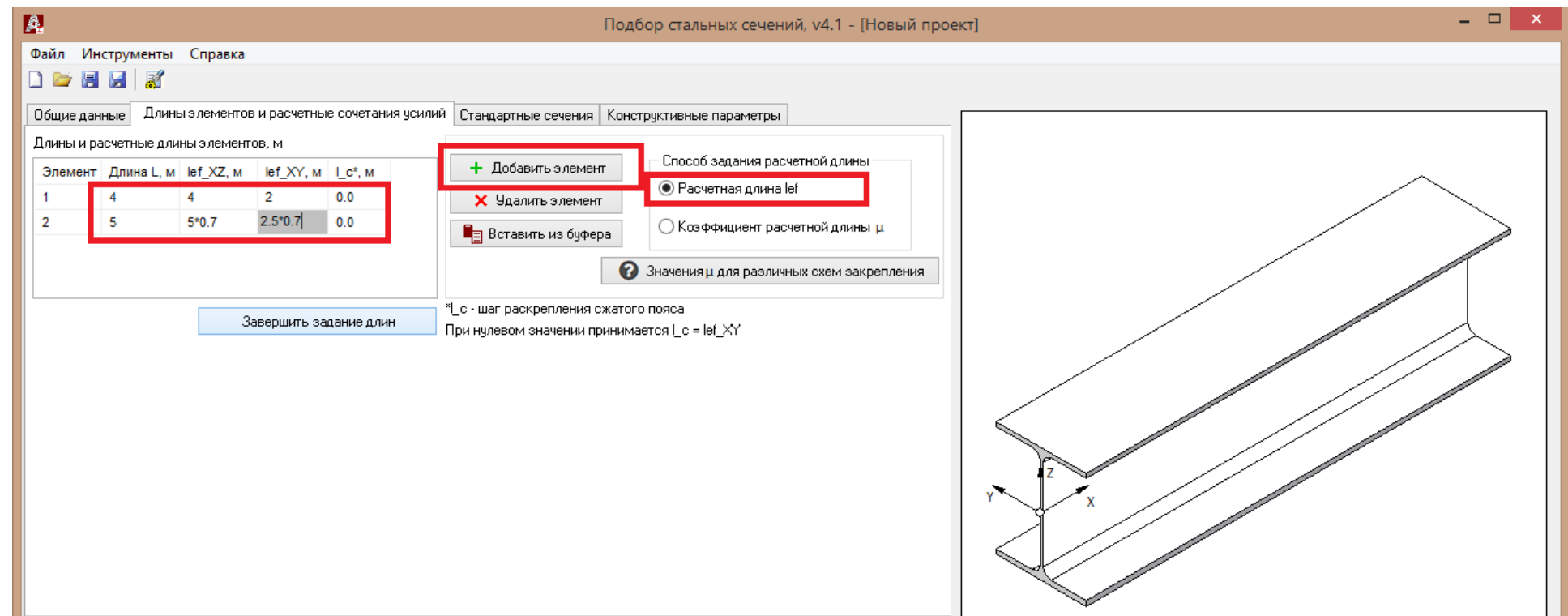


Рисунок 2. 12

- Нажать кнопку **Завершить задание длин**, рис. 2.13

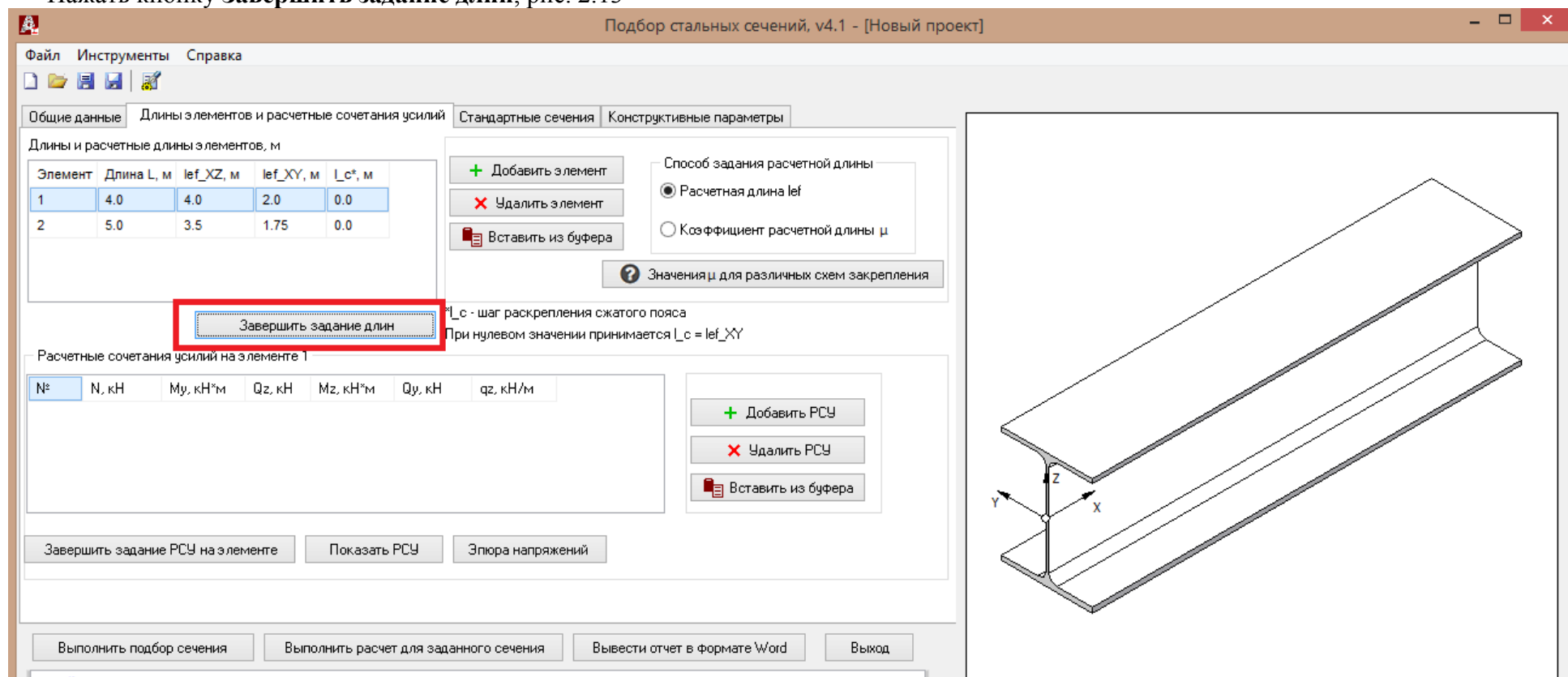


Рисунок 2. 13

4. В таблице **Длины и расчетные длины элементов** выбрать элемент 1;
5. Нажать кнопку **Добавить РСУ**
6. В поле **N, кН** задать значение нагрузки для второго типового этажа $N_2 = 10 \cdot N_{\text{этаж}} + N_{\text{крыши}} = -4570 \text{ кН}$, , рис. 2.14;

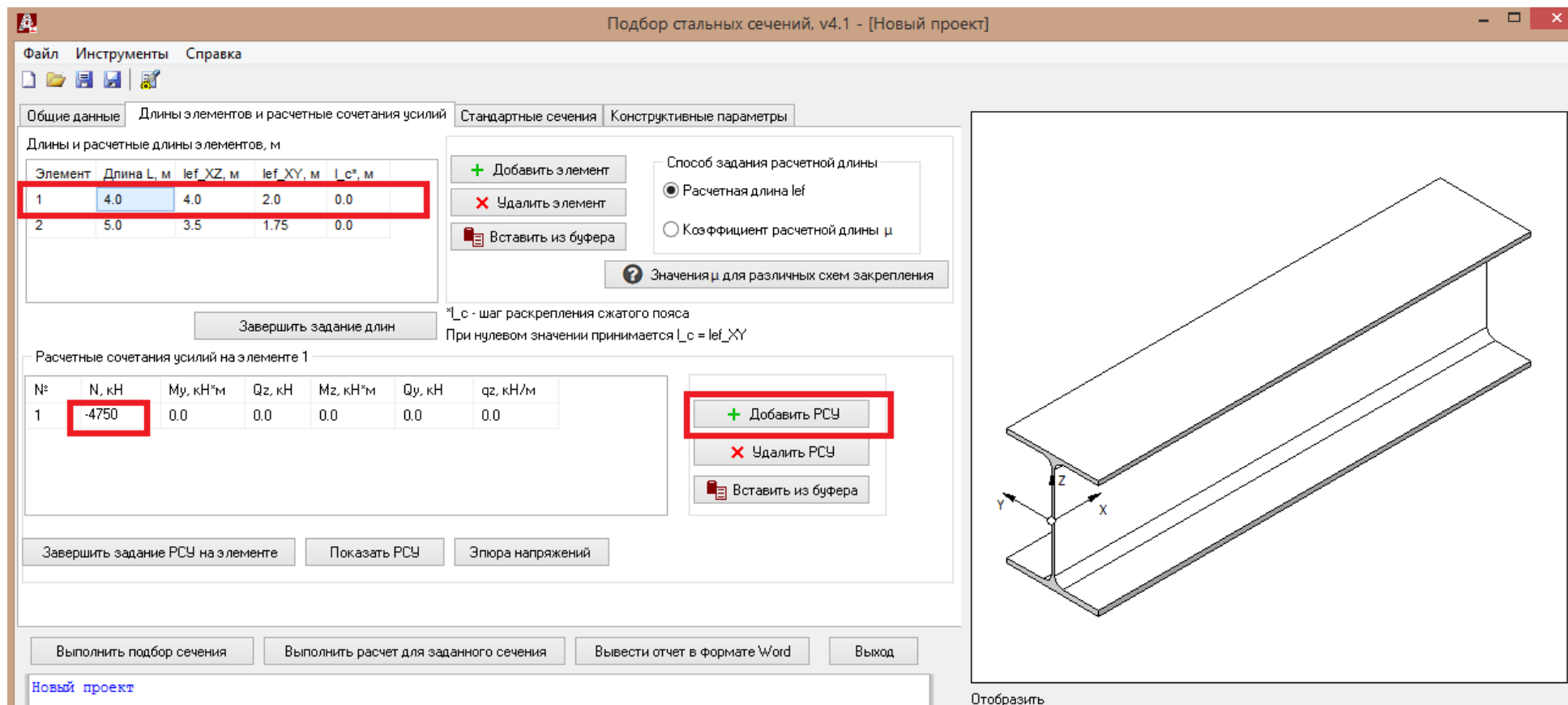


Рисунок 2. 14

1. В таблице **Длины и расчетные длины элементов** выбрать элемент 1;
2. Нажать кнопку **Добавить РСУ**;
3. В поле **N, кН** задать значение нагрузки первого этажа $N_1 = 11 \cdot N_{\text{этаж}} + N_{\text{крыши}} = -5000$ кН;
4. Нажать кнопку **Завершить задание РСУ на элементе**, рис. 2.15.

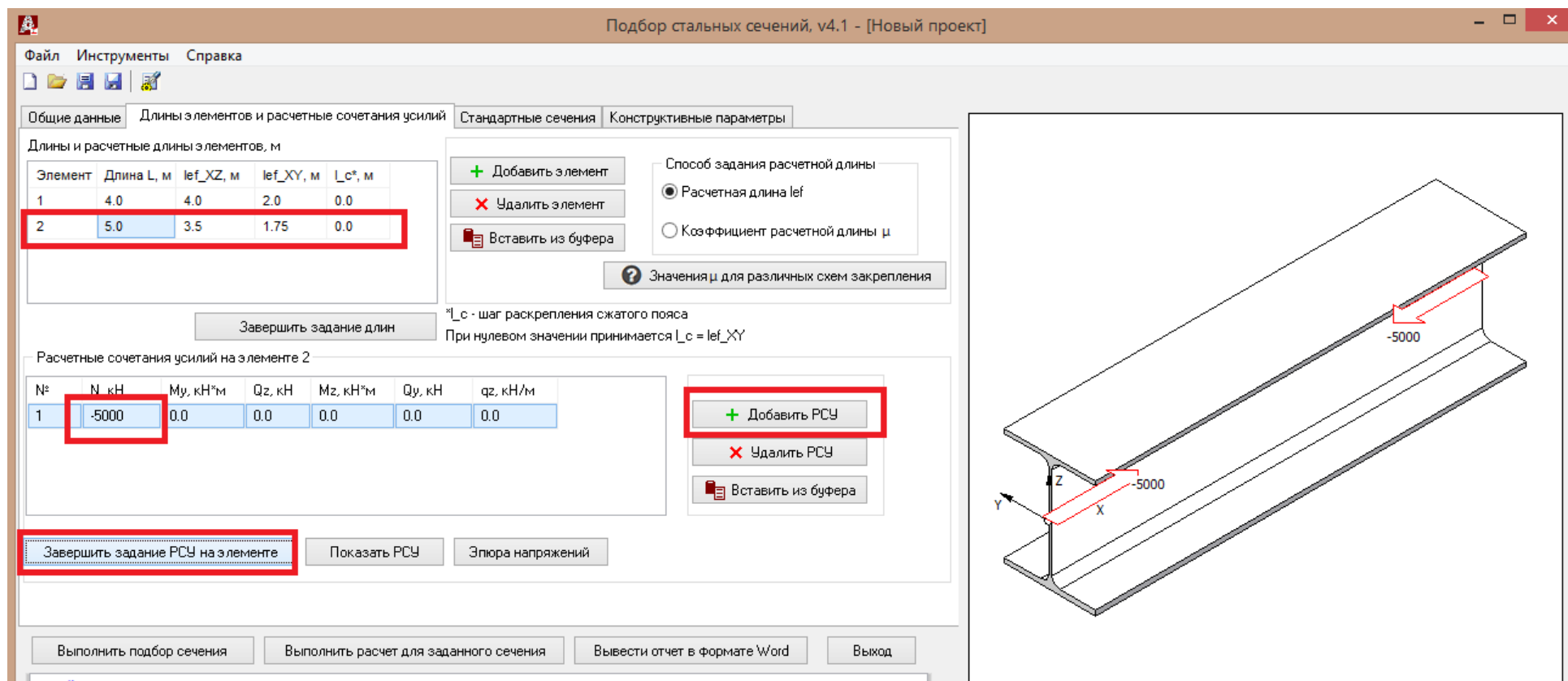


Рисунок 2. 15

13. Перейти на вкладку **Конструктивные параметры**, рис. 2.16 и выбрать значение предельной гибкости $\lambda_u=120$,
14. Нажатием кнопки **Расширенный выбор (ГОСТ 27751-2014)** выбрать $\gamma_n=1.0$ для нормального класса ответственности здания КС-2., рис. 2.17
15. Нажатием кнопки **Выбор по табл. 1 СП 16.13330.2017** выбрать $\gamma_s=0.95$ для колонн многоэтажных зданий до 150 м включительно, рис. 2.18;

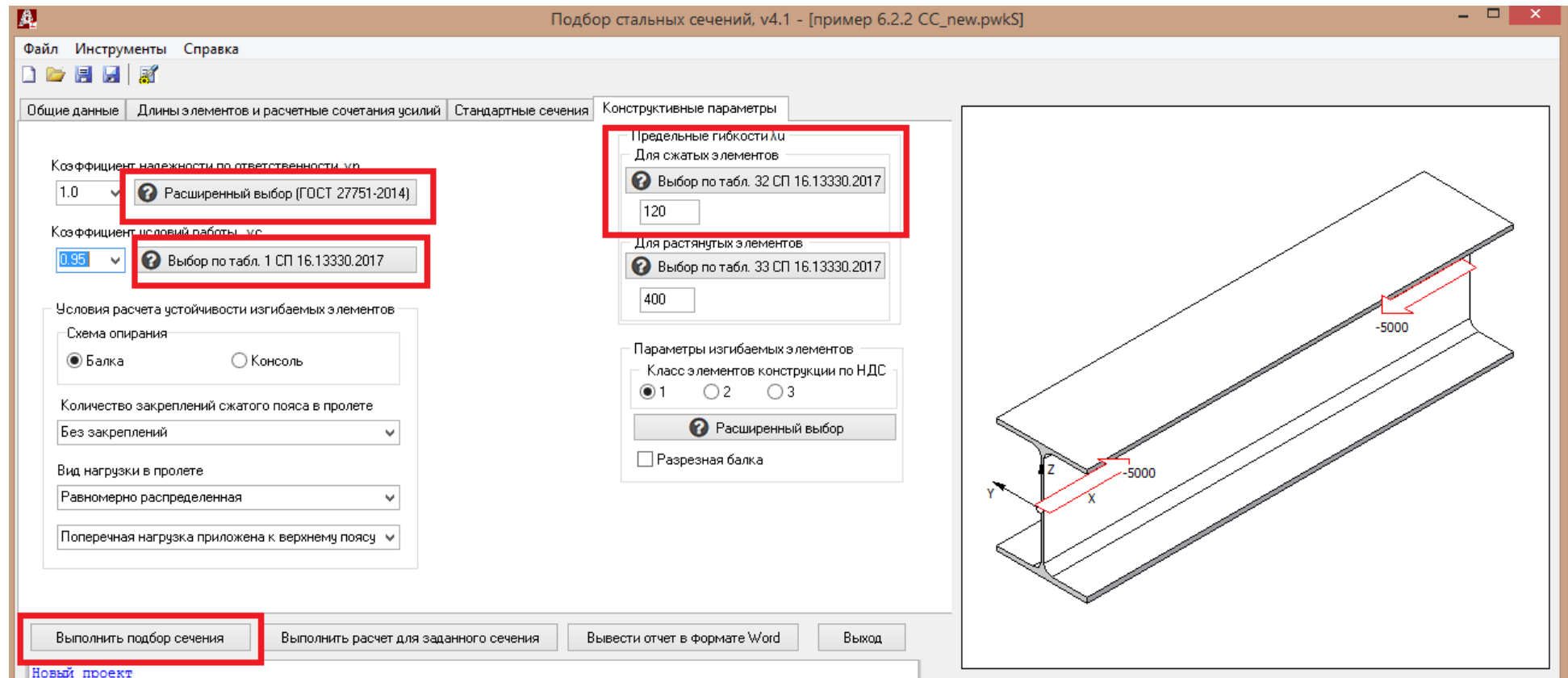


Рисунок 2. 16

Расширенный выбор коэффициента надежности по ответственности

Таблица 2. Коэффициенты условий работы γ_n (ГОСТ 27751-2014)

Класс сооружений	Уровень ответственности	Минимальные значения коэффициента
КС-3	Повышенный	1.1
КС-2	Нормальный	1.0
КС-1	Пониженный	0.8

Примечания
Для зданий высотой более 250 м и большепролетных сооружений (без промежуточных опор) с пролетом более 120 м коэффициент надежности по ответственности следует принимать не менее $\gamma_n=1.2$ (ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения 1,2).

Принять Отменить

Рисунок 2. 17

Расширенный выбор коэффициента условий работы

Таблица 1. Коэффициенты условий работы (СП 16.13330.2017)

Номер	Элементы конструкций	Коэффициент
1.	Балки сплошного сечения и скатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т.п. при временной нагрузке, не превышающей вес перекрытий	0.9
2.	Колонны общественных зданий при постоянной нагрузке, равной не менее 0,8 расчетной, и опор водонапорных башен	0.95
	Колонны двутаврового сечения многоэтажных зданий высотой до 150 м включительно	0.95
	Колонны коробчатого сечения многоэтажных зданий высотой более 150 м	0.9
	Колонны многоэтажных зданий высотой более 150 м	0.87
3.	Колонны одноэтажных производственных зданий с мостовыми кранами	1.05
4.	Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки составного таврового сечения из двух уголков в сварных фермах покрытий и перекрытий при расчете на устойчивость указанных элементов с гибкостью $\lambda > 60$	0.8
5.	Растянутые элементы (затяжки, тяги, оттяжки, подвески) при расчете на прочность по неослабленному сечению	0.9
6.	Элементы конструкций из стали с пределом текучести до 440 Н/мм ² , несущие статическую нагрузку, при расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов (кроме фрикционных соединений)	1.1

Рисунок 2. 18

5. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке **Стандартные сечения**, рис. 2.19;

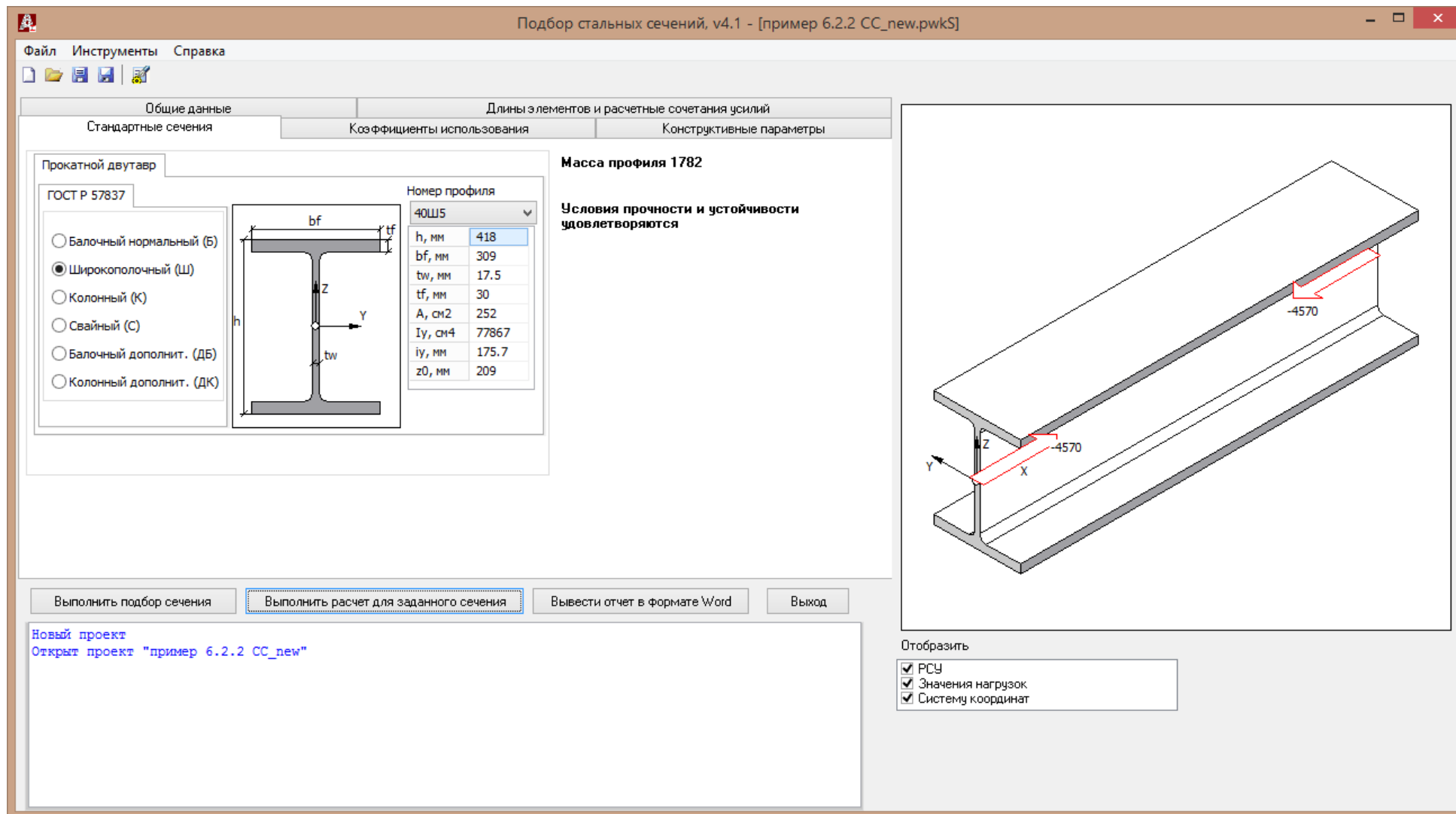


Рисунок 2. 19

6. Коэффициенты использования для колонны выводятся на одноименной вкладке, рис. 2.20.

Задача решена.

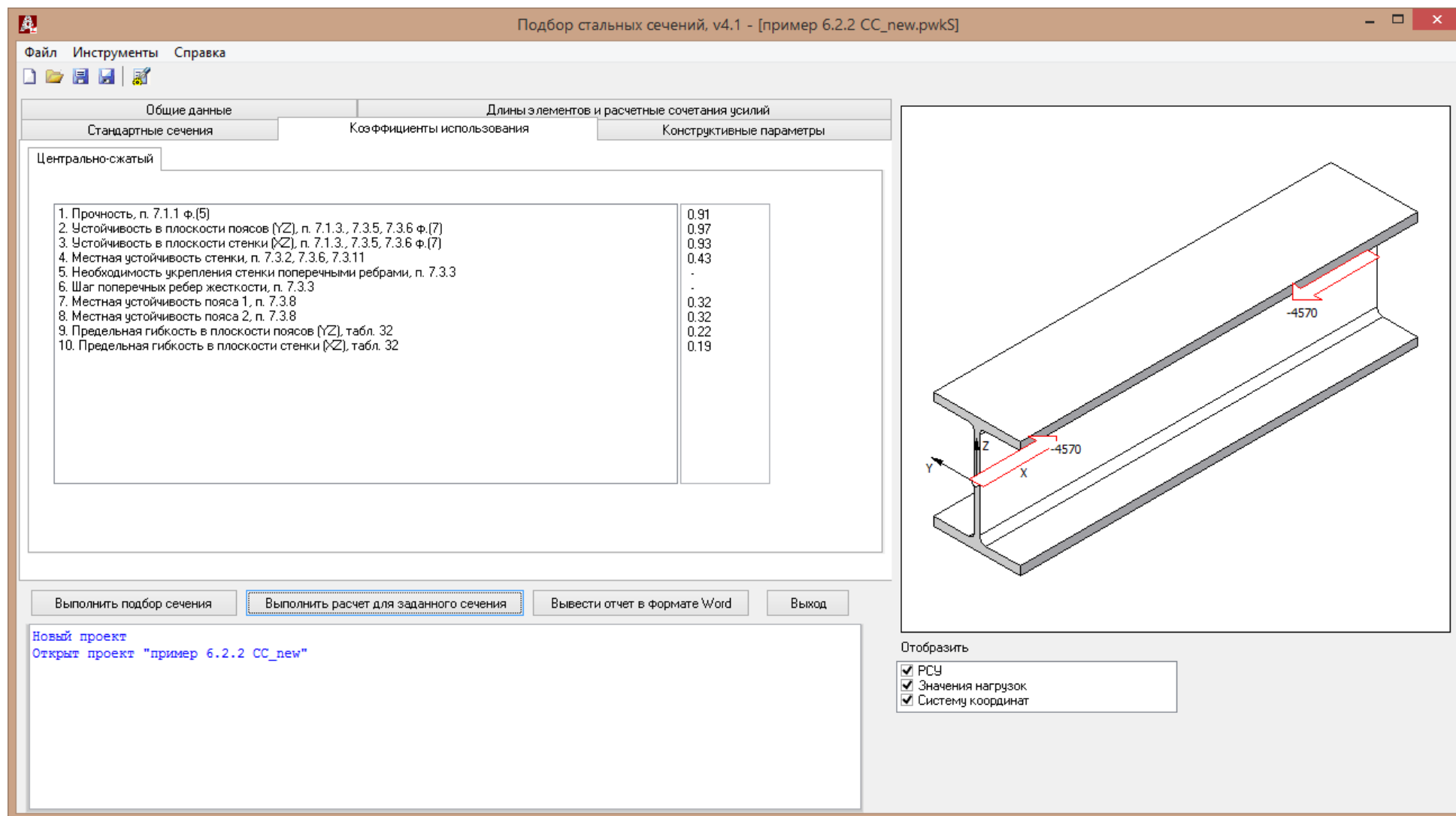


Рисунок 2. 20

2.1.3 Пример 2.3 - центрально-сжатый и центрально-растянутый элемент

1. Требуется подобрать сечение центрально-сжатой и центрально-растянутой ветвей треугольной связи высотного здания из колонного двутавра ГОСТ ГОСТ Р 57837;
 - длина каждой ветви 6 м.
 - максимальная сжимающая нагрузка при неблагоприятном сочетании составляет $N^- = -410$ кН;
 - максимальная растягивающая нагрузка при неблагоприятном сочетании составляет $N^+ = 700$ кН;
 - материал – сталь металлических конструкций здания – С255 по ГОСТ 27772

Решение

2. На вкладке **Общие данные** главного окна, рис.2.21:
 - выбрать опцию **Двутавры прокатные**;
 - на вкладке **ГОСТ ГОСТ Р 57837** выбрать из списка тип двутавра **Колонный (К)**;
 - на панели **Материал** нажать кнопку **Выбрать/Изменить материал**.

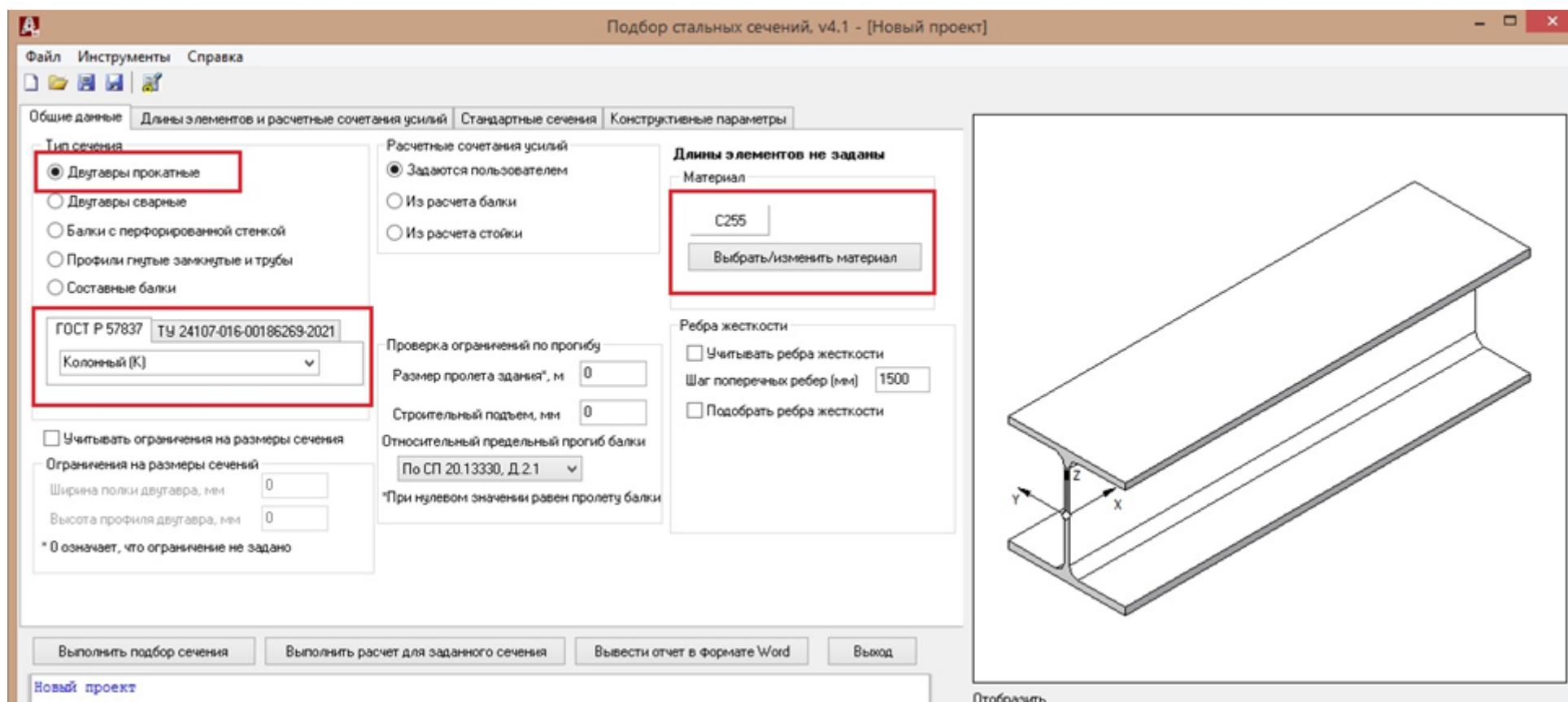


Рисунок 2. 21

- выбрать сталь **C255** по ГОСТ 27772, нажать **Применить**, рис. 2.22.

Выбор материала

Номер Сталь

Упругие свойства

Модуль Юнга, Е (МПа)

Модуль сдвига, G (МПа)

Коэффициент Пуассона, μ

Плотность (кг/м³)

Нормативные сопротивления стали C255, МПа

Толщина проката, мм	R _{yk}	R _{yk}
От 4 до 10 включ.	255	380
Св. 10 до 20 включ.	245	370
Св. 20 до 40 включ.	235	370

Коэффициент надежности по материалу γ_m

Рисунок 2. 22

3. Перейти на вкладку **Длины элементов расчетные сочетания усилий**;
4. На панели Способ задания расчетной длины выбрать **Расчетная длина** ;
5. Два раза нажать кнопку **Добавить**;
6. Для сжатого элемента связи 1:
 - в поле **Длина L, м** задать 6.0;
 - в поле **len_XZ, м** (расчетная длина в пл. XZ) 6.0;
 - в поле **len_XY, м** (расчетная длина в пл. XY) 6.0;
7. Для растянутого элемента связи 2:
 - в поле **Длина L, м** задать 6.0;
 - в поле **len_XZ, м** (расчетная длина в пл. XZ) 6.0;
 - в поле **len_XY, м** (расчетная длина в пл. XY) 6.0;
 - Нажать кнопку **Завершить задание длин**, рис. 2.23;.

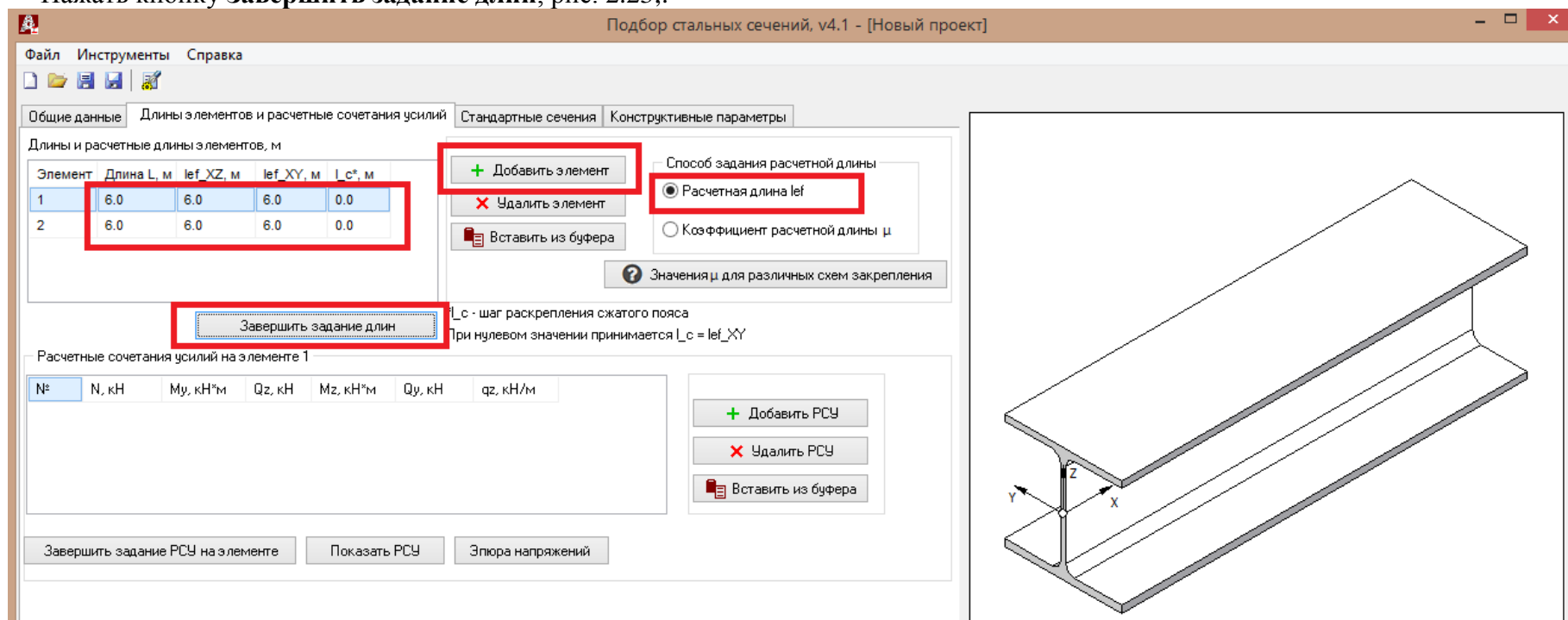


Рисунок 2. 23

8. В таблице **Длины и расчетные длины элементов** выбрать элемент 1;
9. Нажать кнопку **Добавить РСУ**;
10. В поле **N, кН** задать значение нагрузку для сжатого элемента $N = -410$ кН, , рис. 2.24;

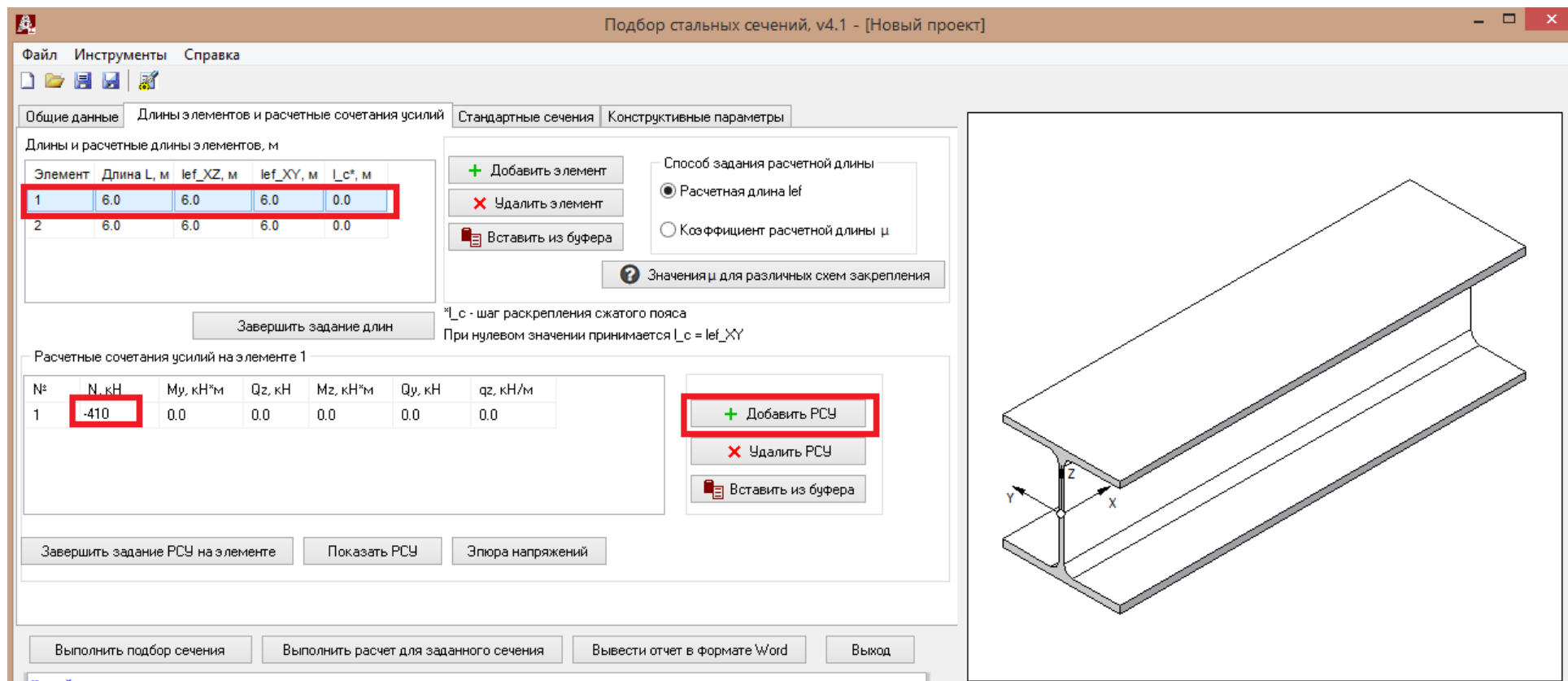


Рисунок 2. 24

11. В таблице **Длины и расчетные длины элементов** выбрать элемент 2;
12. Нажать кнопку **Добавить РСУ**;
13. В поле **N, кН** задать значение нагрузки растянутого элемента $N^+=700$ кН,
14. Нажать кнопку **Завершить задание РСУ на элементе**, рис. 2.25.

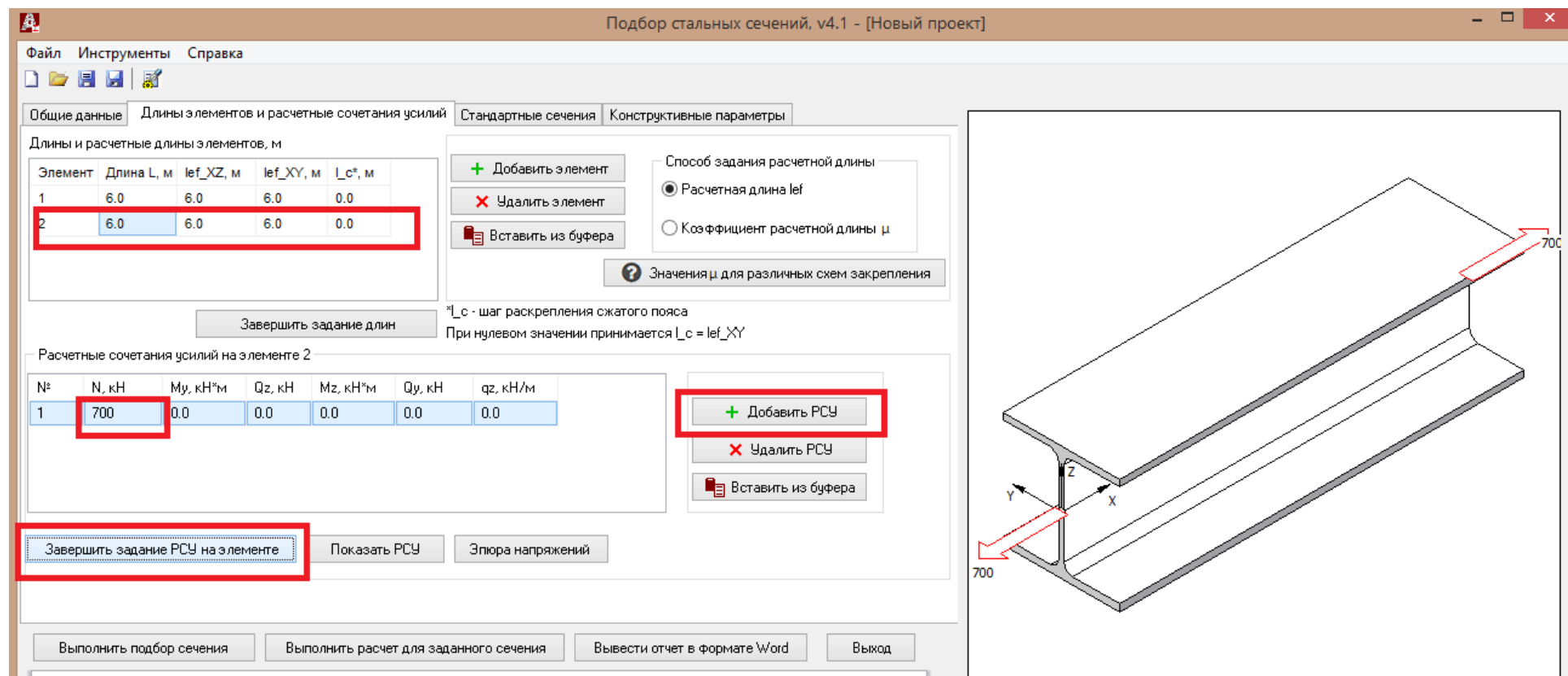


Рисунок 2. 25

15. Перейти на вкладку **Конструктивные параметры** и выбрать $\gamma_c=1.0$ для для неоговорённых в таблице №1 СП 16 случаев, и $\gamma_p=1.1$ для повышенного класса ответственности здания КС-3, и выбрать значения предельной гибкости $\lambda_{c,}$, рис. 2.26;

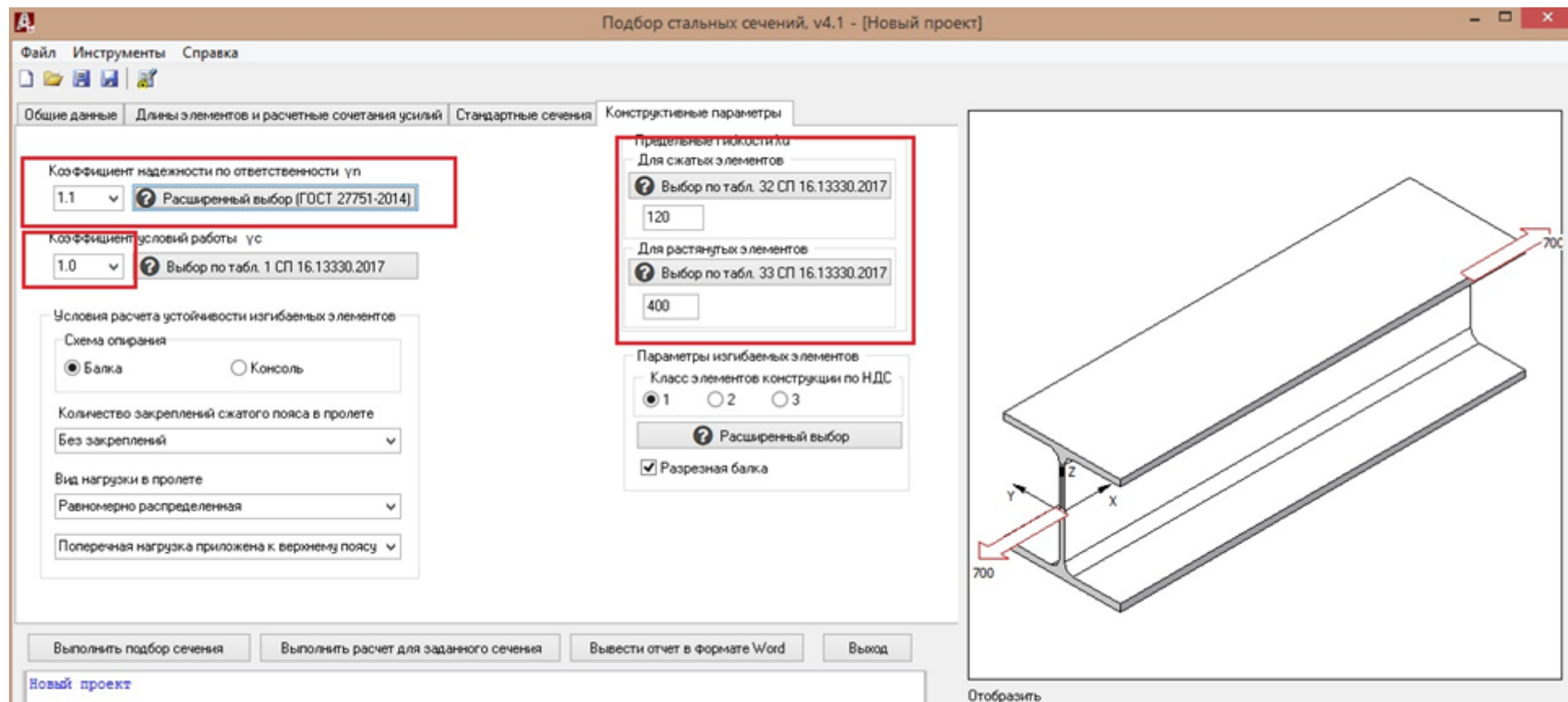


Рисунок 2. 26

16. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке **Стандартные сечения**, рис. 2.27;

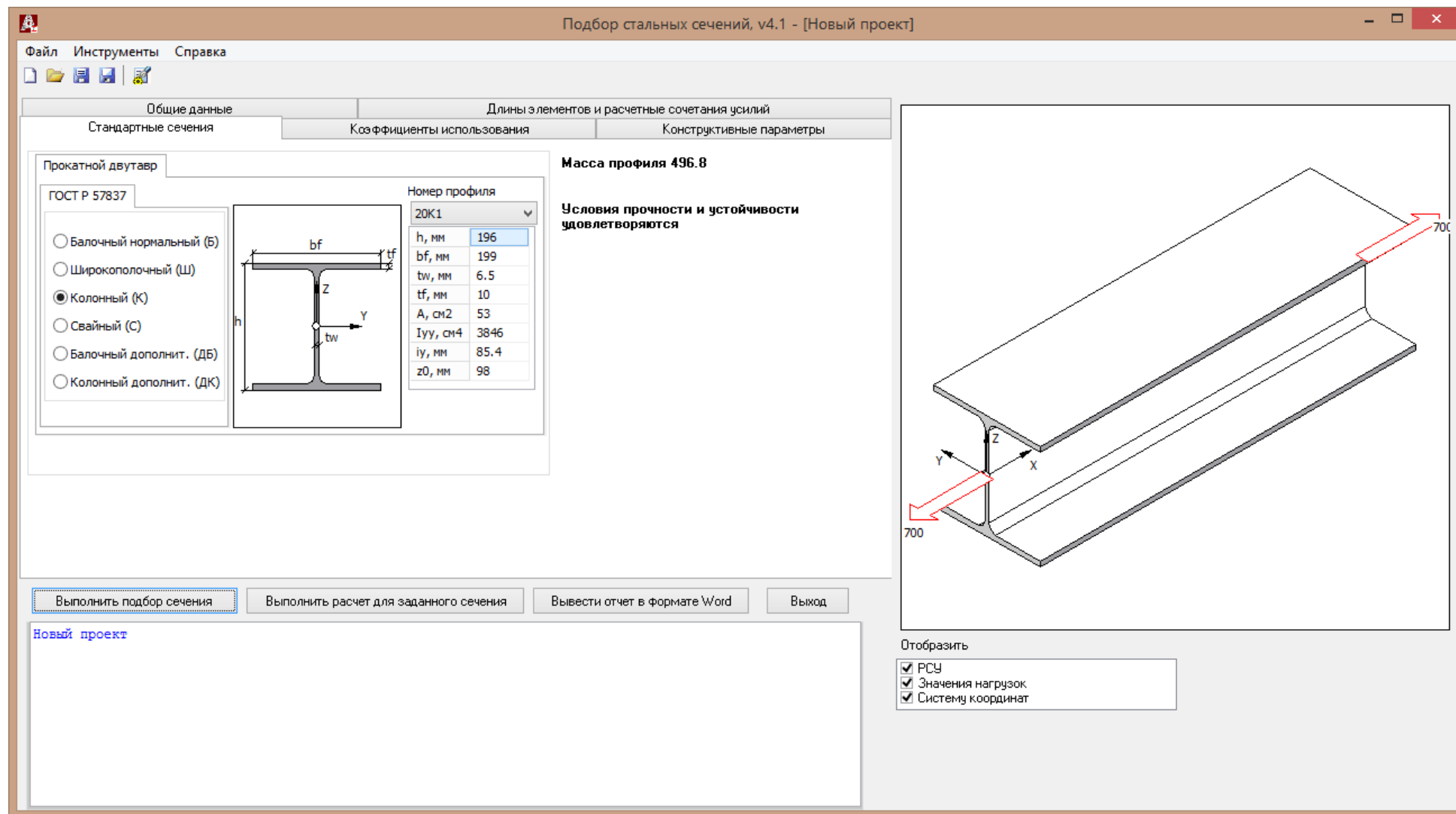


Рисунок 2. 27

17. Коэффициенты использования для элементов связи выводятся на одноименной вкладке, рис. 2.28.

Задача решена.

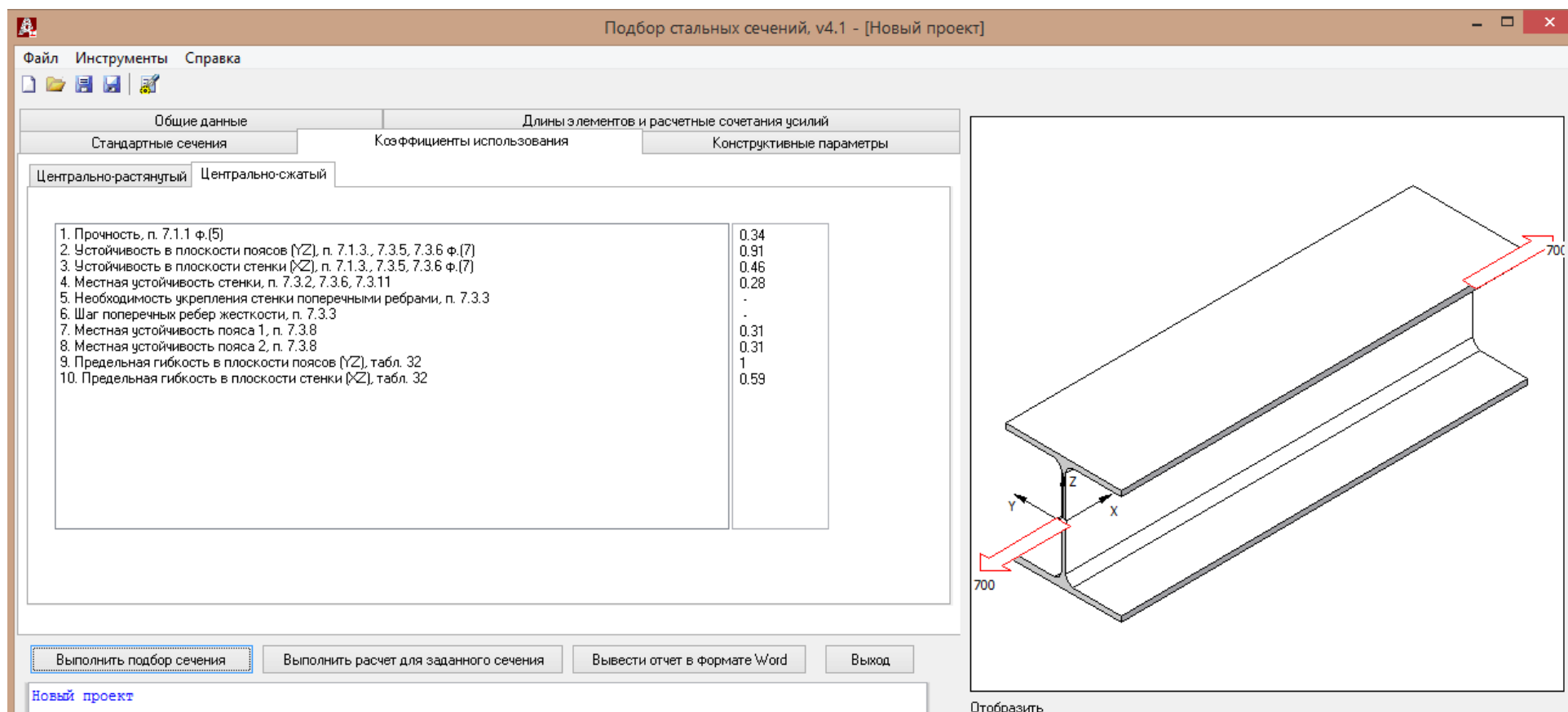


Рисунок 2. 28

2.2 Сжато-изгибаемые (внецентренно-сжатые) двутавровые элементы

2.2.2 Пример 2.4- (Пример 6.3.1 [2])

Требуется подобрать сечение внецентренно-сжатой колонны второго этажа многоэтажного здания из колонного двутавра по ГОСТ Р 57837 при следующих условиях:

- высота этажа – 4,5 м;
- крепление ригелей покрытия – шарнирное в двух направлениях.
- максимальная расчётная нагрузка при неблагоприятном сочетании составляет $N = 8830$ кН, изгибающий момент в плоскости наибольшей жесткости $M=205$ кНм
- материал – сталь металлических конструкций здания – С255Б по ГОСТ Р-57837-2017

Решение

1. На вкладке **Общие данные** главного окна:

- выбрать опцию **Двутавры прокатные**,
- на вкладке **ГОСТ ГОСТ Р 57837** выбрать из списка тип двутавра **Колонный (К)**,
- на панели **Материал** нажать кнопку **Выбрать/Изменить материал**, рис. 2.29;

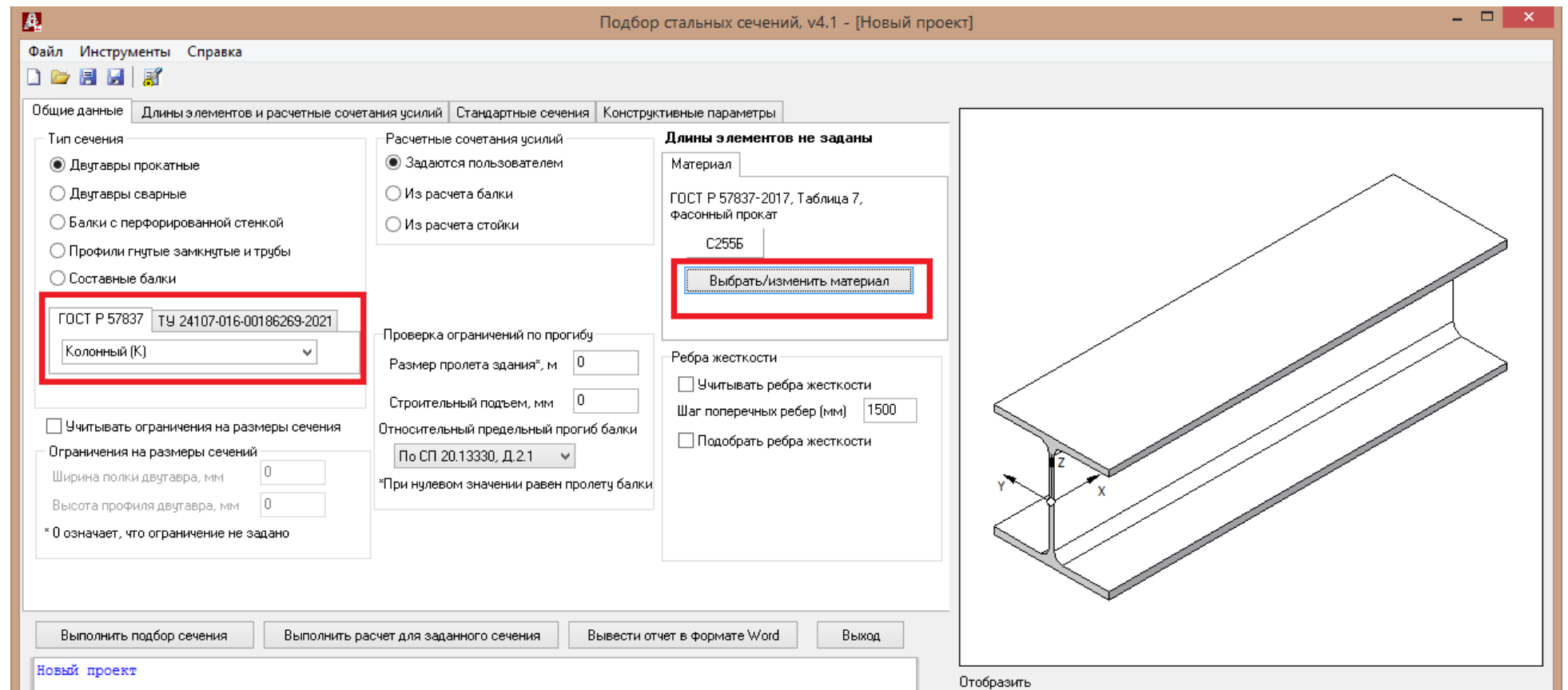


Рисунок 2. 29

- выбрать сталь **C255Б** по ГОСТ Р 57837–2017, рис. 2.30, нажать кнопку **Применить**;

Выбор материала

Номер Сталь

Упругие свойства

Модуль Юнга, Е (МПа)

Модуль сдвига, G (МПа)

Коэффициент Пуассона, μ

Плотность (кг/м³)

Нормативные сопротивления стали C255Б, МПа

Толщина проката, мм	R _{yp}	R _{yk}
≤ 10	255	380
Св. 10 до 20 включ.	245	370
Св. 20 до 40 включ.	235	370
Св. 40 до 100 включ.	225	370
Св. 100	205	360

Коэффициент надежности по материалу γ_m

Рисунок 2. 30

2. Перейти на вкладку **Длины элементов и расчетные сочетания усилий**;
3. Нажать кнопку **Добавить элемент**.
 - В поле **Длина L, м** задать 4.5;
 - На панели **Способ задания расчетной длины** выбрать **Расчетная длина** ;
 - Задать **расчетные длины** в пл. XZ и пл. XY равными 4.5, что соответствует схеме закрепления №1;
 - Нажать кнопку **Завершить задание длин**;
4. Нажать кнопку **Добавить РСУ**
5. В поле **N, кН** задать значение нагрузки -8830 кН, в поле **My, кН*м** - 205 кНм,
6. Нажать кнопку **Завершить задание РСУ на элементе**, рис. 2.31;

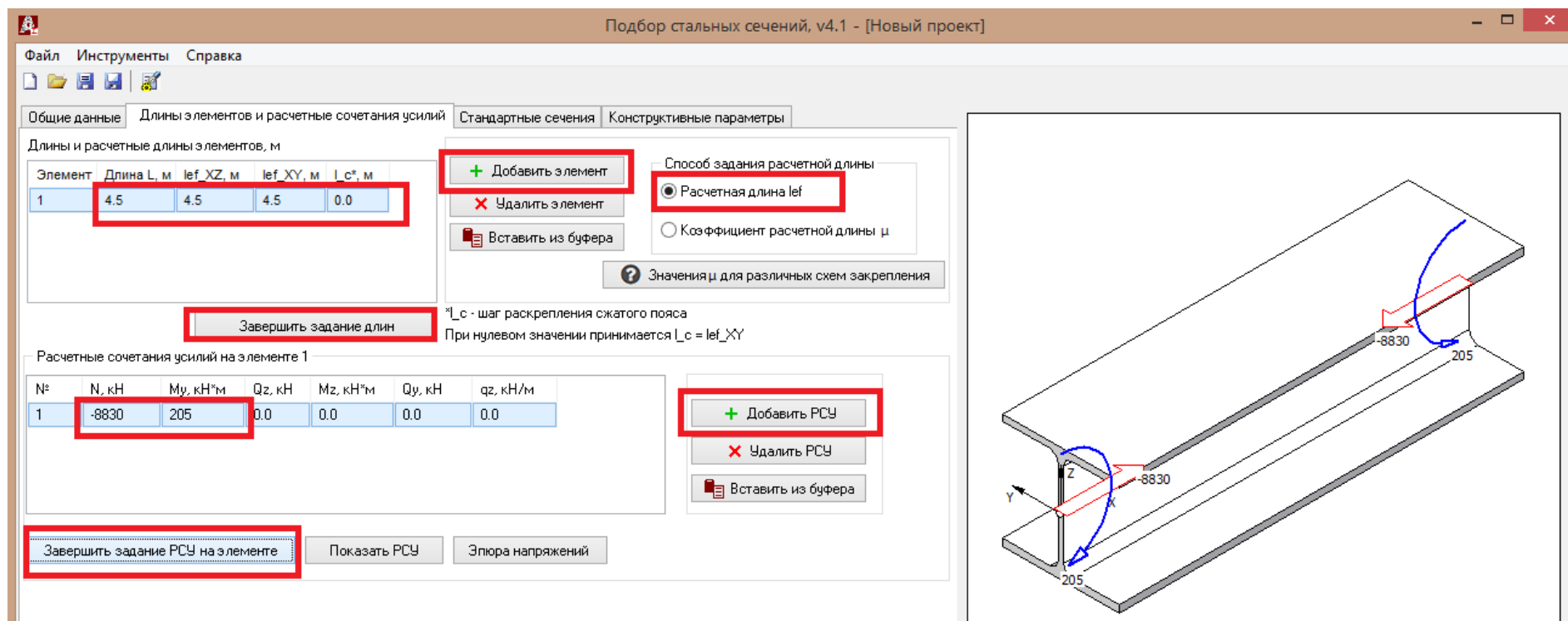


Рисунок 2. 31

7. Перейти на вкладку Конструктивные параметры и выбрать $\gamma_s=1.0$ для для неоговорённых в таблице №1 СП 16 случаев, и $\gamma_p=1.0$ для нормального класса ответственности здания КС-2, и выбрать значения предельной гибкости λ_{cr} , рис. 2.32;

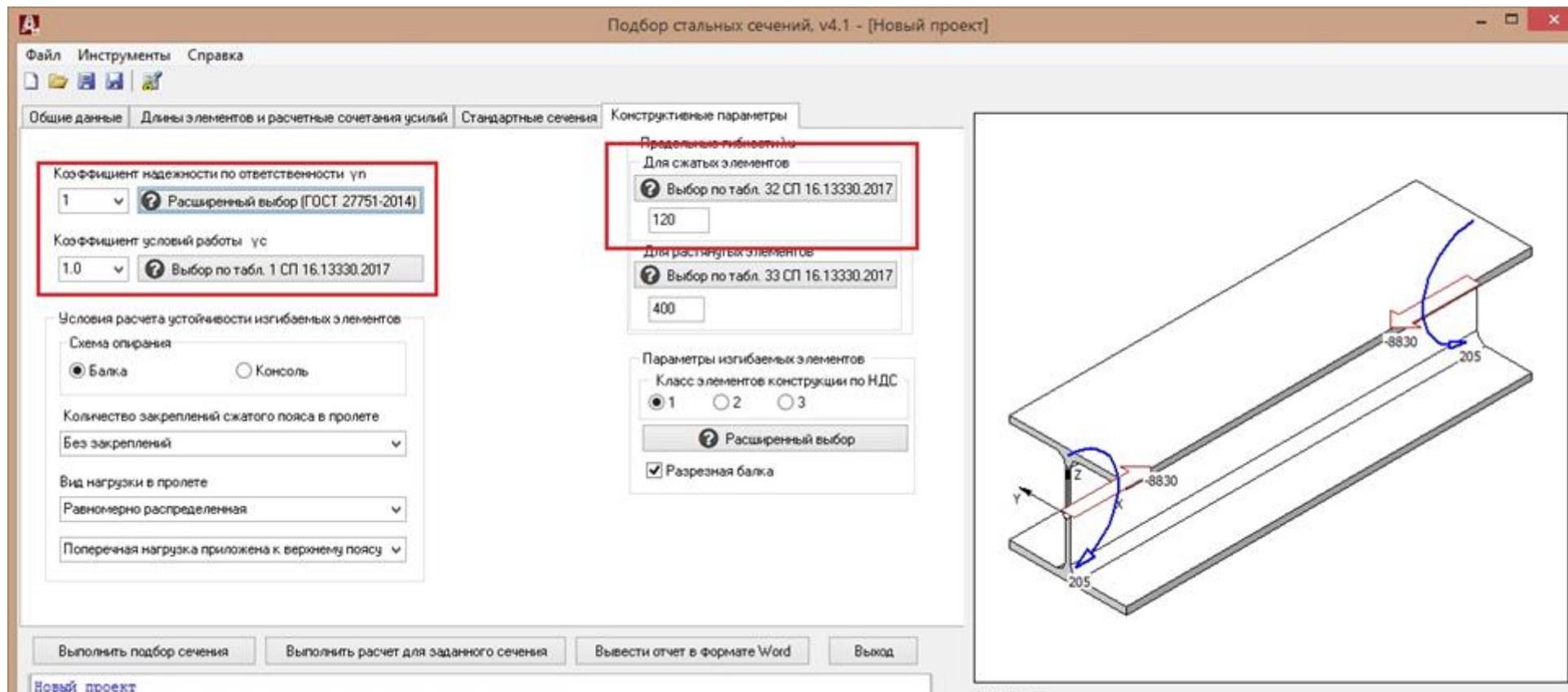


Рисунок 2. 32

8. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке Стандартные сечения, рис. 2.33;

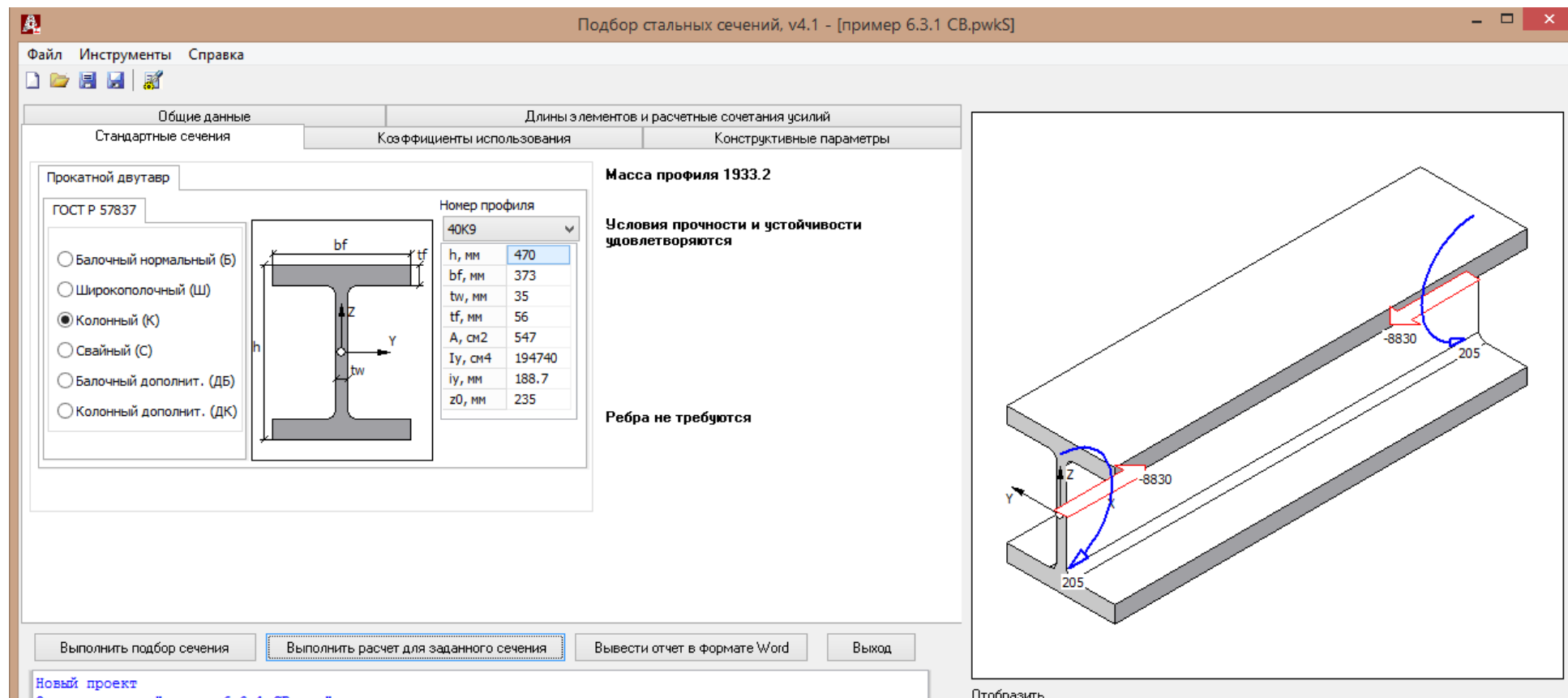


Рисунок 2. 33

9. Коэффициенты использования для колонны выводятся на одноименной вкладке, рис. 2.34.

Задача решена.

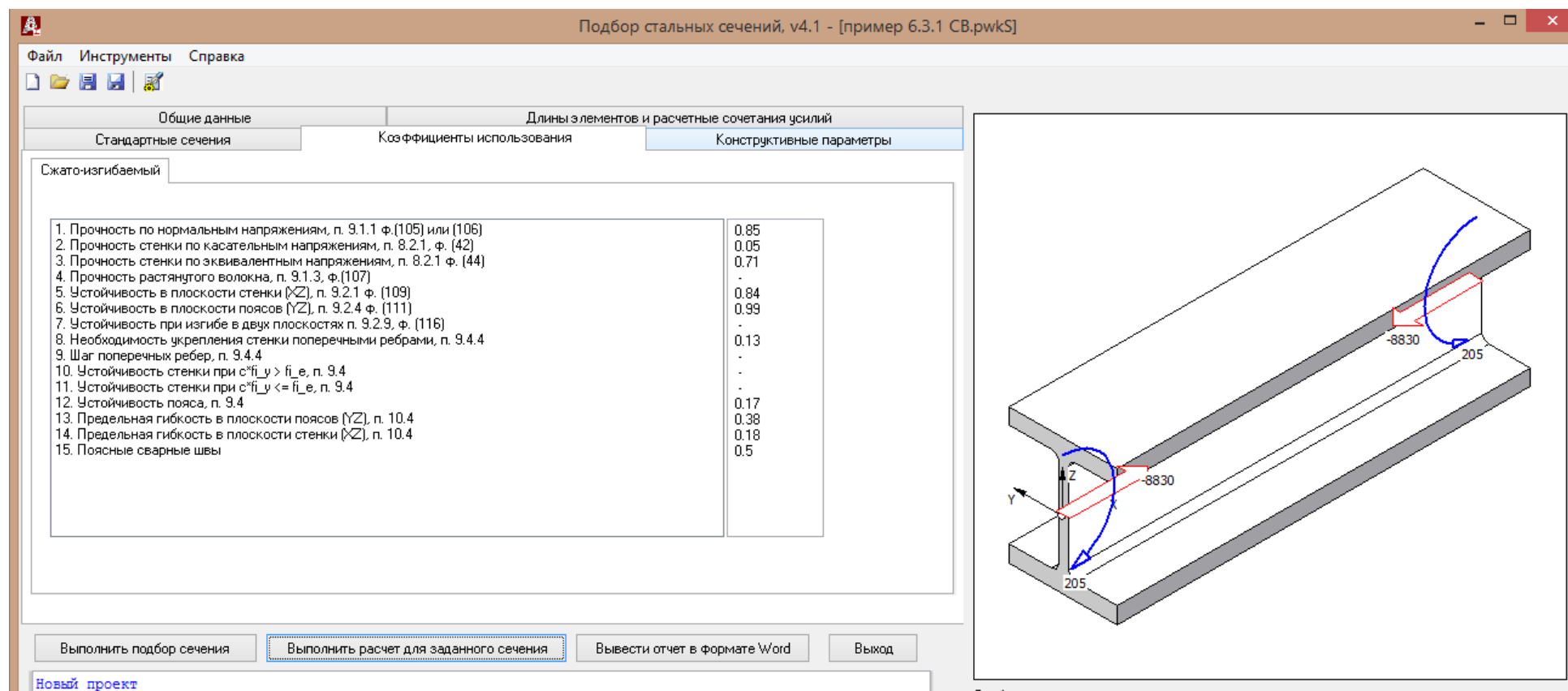


Рисунок 2. 34

2.3 Сжато-изгибаемые элементы замкнутого сечения (трубы)

2.3.1 Пример 2.5

Требуется подобрать сечение внецентренно-сжатой стойки трубы прямоугольного сечения по ГОСТ 30245-2012 при следующих условиях:

- Длина стойки – 5 м;
- крепление на концах – шарнирное в двух направлениях.
- расчётная нагрузка при неблагоприятном сочетании составляет $N = 430$ кН, изгибающий момент в плоскости наибольшей жесткости $M_y = 100$ кНм, поперечная сила $Q_z = 100$ кН;
- материал – сталь – С255 по ГОСТ 27772-2015.

Решение

10. На вкладке **Общие данные** главного окна:

- На панели **Тип сечения** выбрать опцию **Профили замкнутые ГОСТ 30245**,
- выбрать вид профиля - **Прямоугольные**,
- на панели **Материал** нажать кнопку выбрать материал **C555**, рис. 2.31;

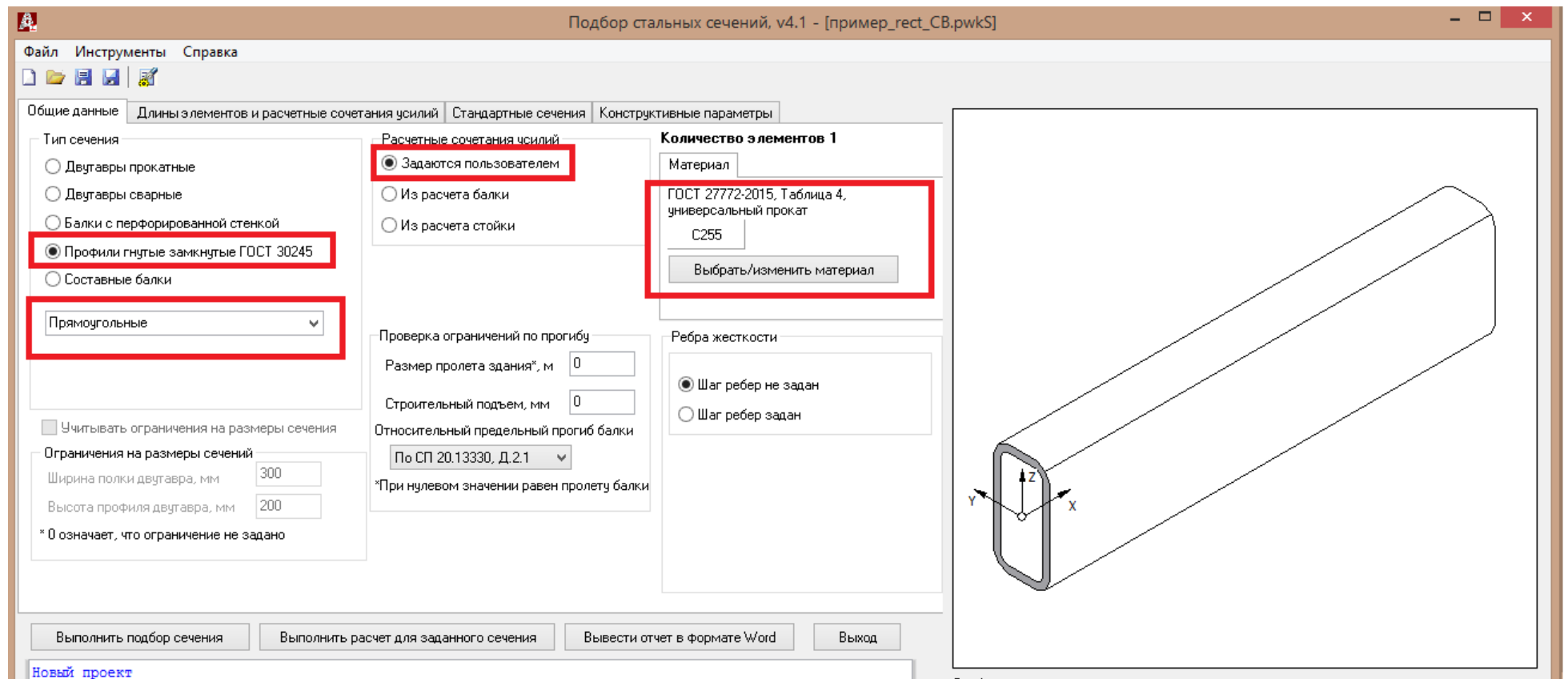


Рисунок 2. 35

11. Перейти на вкладку **Длины элементов и расчетные сочетания усилий**;
12. Нажать кнопку **Добавить элемент**.
 - В поле **Длина L, м** задать 5;
 - На панели **Способ задания расчетной длины** выбрать **Расчетная длина** ;
 - Задать **расчетные длины** в пл. XZ и пл. XY равными 5, что соответствует схеме закрепления №1;
 - Нажать кнопку **Завершить задание длин**;
13. Нажать кнопку **Добавить РСУ**
14. В поле **N, кН** задать значение нагрузки -430, в поле **My, кН*м** - 100, в поле **Qz, кН** - 100
15. Нажать кнопку **Завершить задание РСУ на элементе**, рис. 2.36;

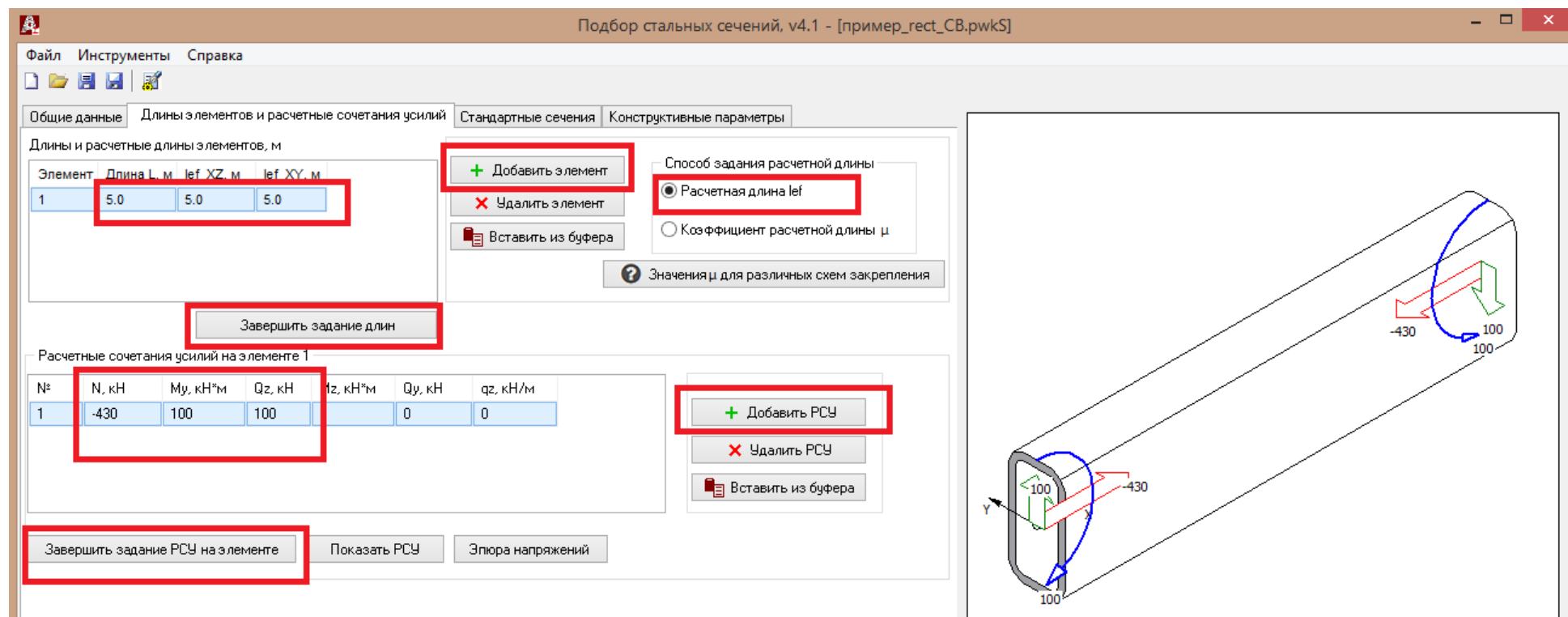


Рисунок 2. 36

16. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке Стандартные сечения, рис. 2.37;

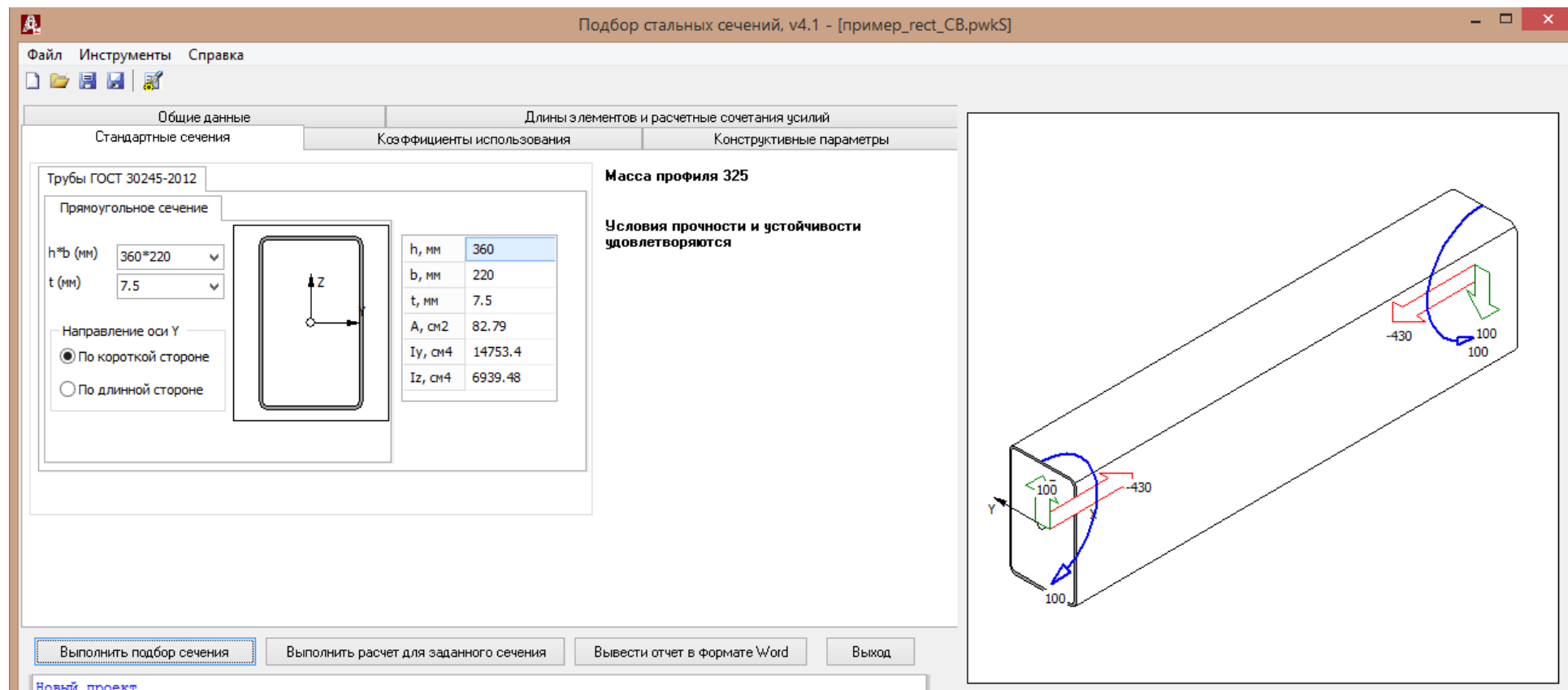


Рисунок 2. 37

17. Коэффициенты использования для колонны выводятся на одноименной вкладке, рис. 2.38.

Задача решена.

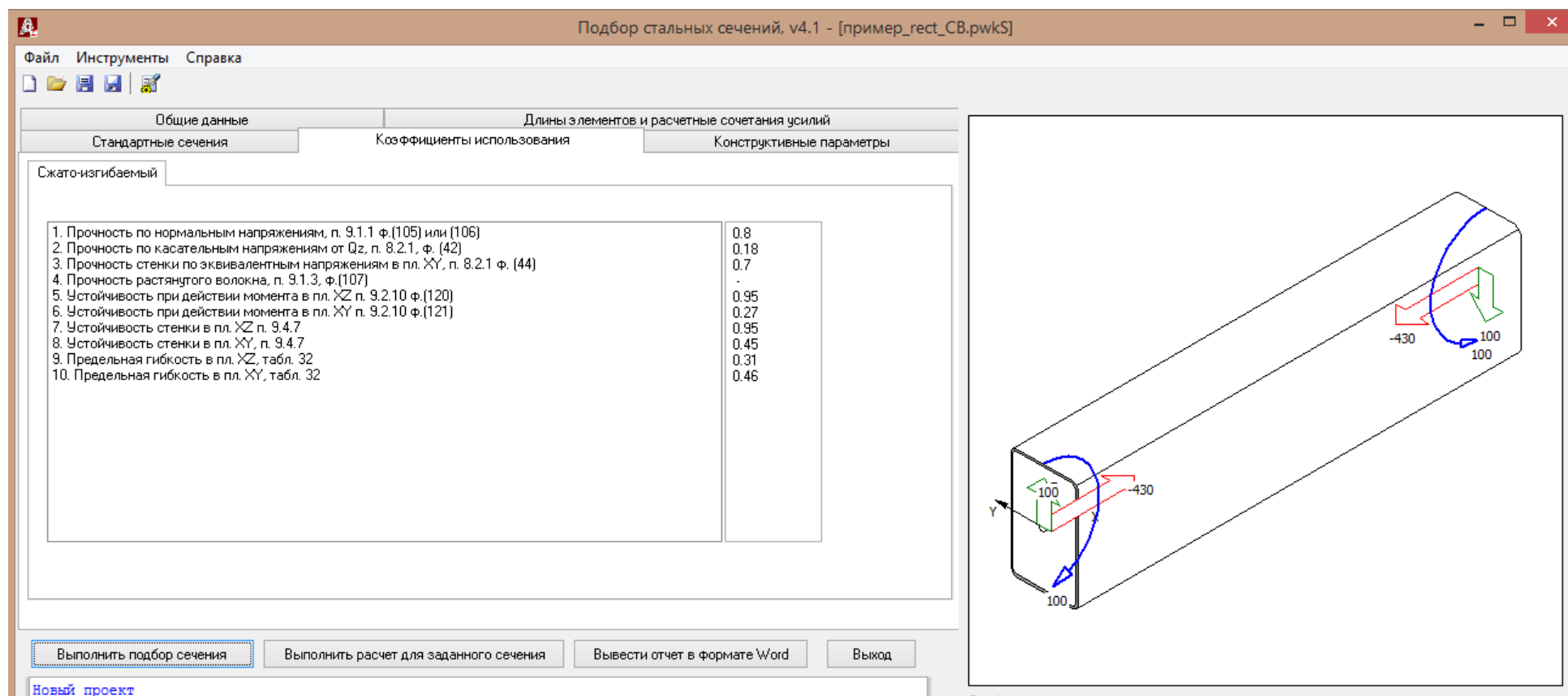


Рисунок 2. 38

2.4 Подбор сечения балки из сварного двутавра

2.4.1 Пример 2.6

Исходные данные:

- пролёт балки 8м;
- материал – С255 по ГОСТ 27772-2015;
- расчетная погонная – 30 кН/м;
- шаг раскрепления сжатого пояса – 4 м;
- ограничение на высоту стенки – 600 мм.

Решение

1. На вкладке **Общие данные** главного окна:
 - выбрать опцию **Двутавры сварные**,
 - в секции **Расчетные сочетания усилий** выбрать опцию **Задаются пользователем**,
 - в секции **Ребра жесткости** выбрать опцию **Шаг ребер задан** и задать шаг поперечных ребер 1000 мм, рис. 2.39

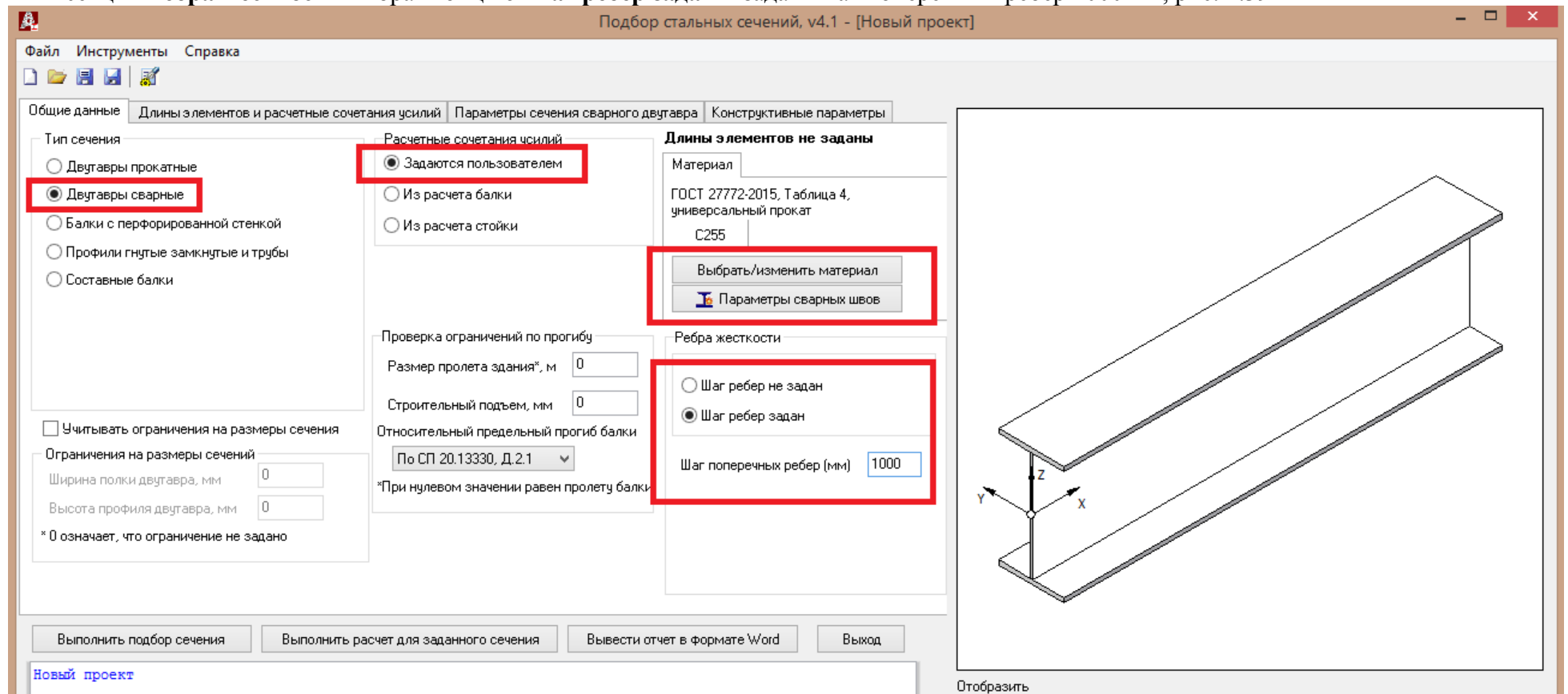


Рисунок 2. 39

- на панели **Материал** нажатием кнопки **Выбрать/Изменить материал** выбрать сталь **C255** по ГОСТ 27772–2015;
- выбрать **Параметры сварных швов** нажатием соответствующей кнопки, рис. 2.40;

Параметры сварных швов

Расчетное сопротивление угловых швов (МПа)

R_{wf}, табл. Г.2. СП 16.13330.2017

R_{un} для стали C255

R_{wz} = 0.45R_{un}

Расчетное сопротивление стыковых соединений ... (МПа)

R_{wy}=0.85R_y, табл. 4. СП 16.13330.2017

Коэффициенты

beta_f gamma_wf

beta_z gamma_wz

Вид сварки

☒ Ручная дуговая

☐ Автоматическая и механизированная

Принять Отменить

Рисунок 2. 40

2. На вкладке **Параметры сечения сварного двутавра**:

- Задать Катет сварного шва – 6 мм;
- Нажать кнопку **Принять**;
- Включить флажок **Учитывать ограничения на размеры**, и задать **Максимальную высоту стенки 600 мм**, рис. 2.41.

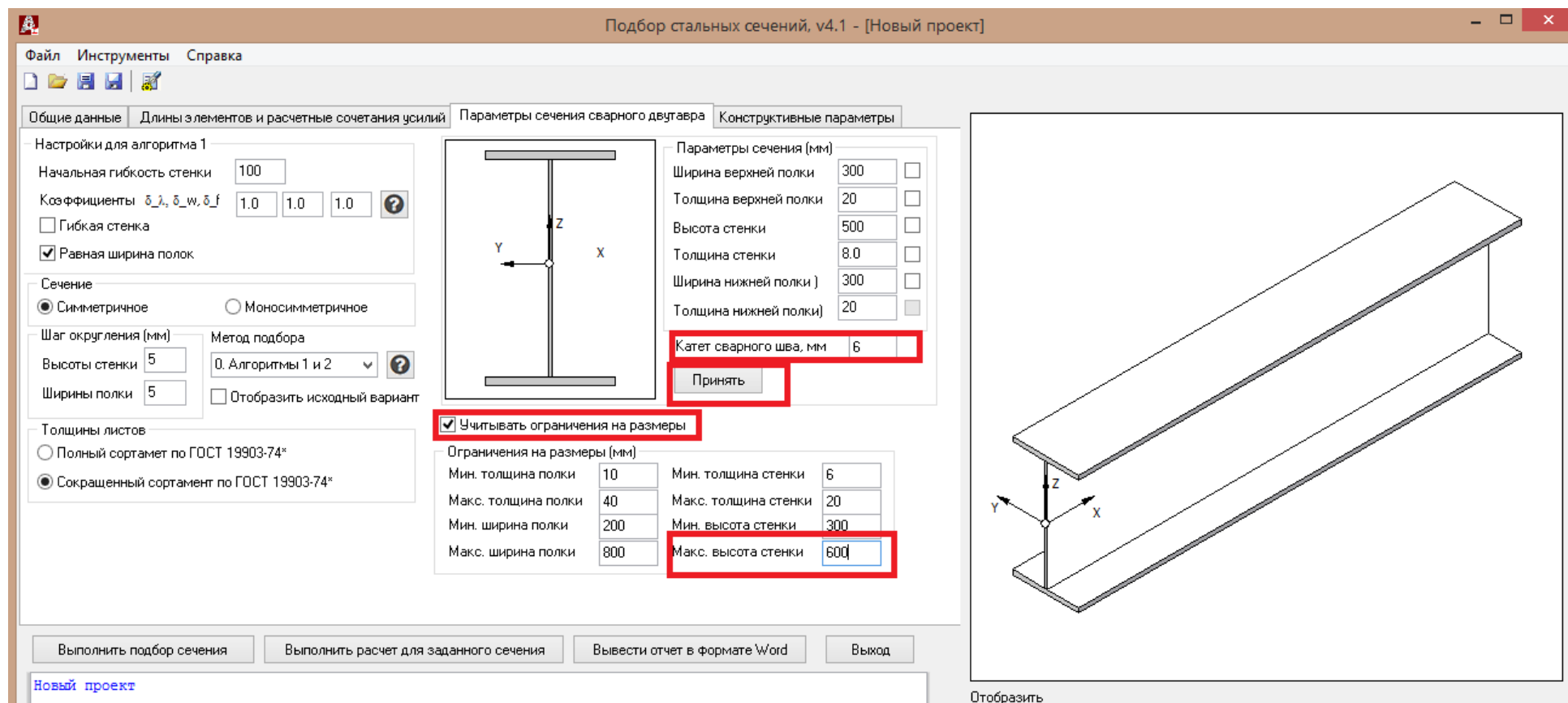


Рисунок 2. 41

3. Перейти на вкладку **Длины элементов и расчетные сочетания усилий**;
4. Нажать кнопку **Добавить элемент**.
 - В поле **Длина L, м** задать 8;
 - На панели **Способ задания расчетной длины** выбрать **Расчетная длина** ;
 - Задать расчетную длину в пл. XZ - **len_XZ, м**, равную 8;
 - Задать расчетную длину в пл. XY - **len_XY, м**, равную 4;
 - Нажать кнопку **Завершить задание длин**;
5. Нажать кнопку **Добавить РСУ**
6. В поле **qz, кН/м** задать значение погонной нагрузки -30,
7. Нажать кнопку **Завершить задание РСУ на элементе**, рис. 2.42;

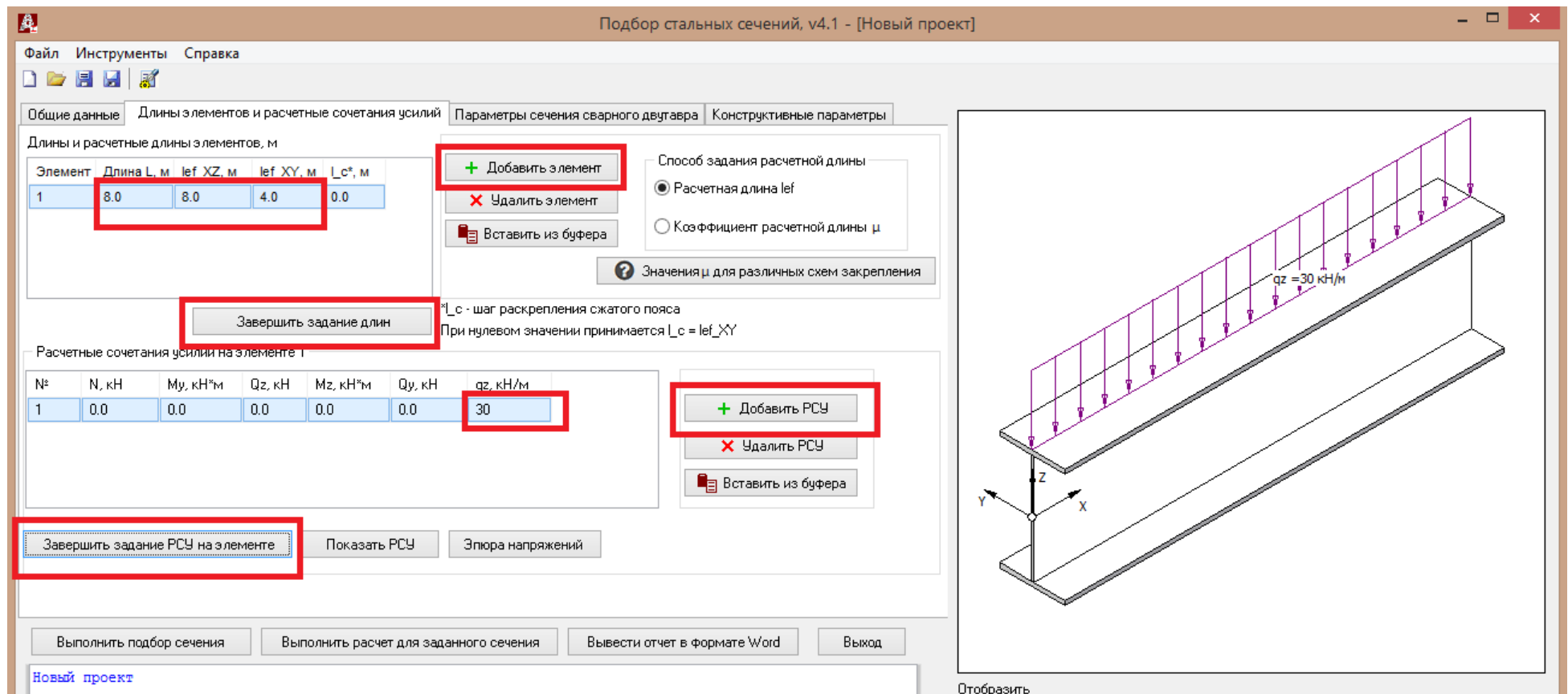


Рисунок 2. 42

8. Нажать кнопку **Показать РСУ**, включить флажок **В центре элемента**, рис. 2.43;
9. включить флажок **На краях элемента (на опорах)**, рис. 2.44;
10. Нажать кнопку **Заккрыть**.

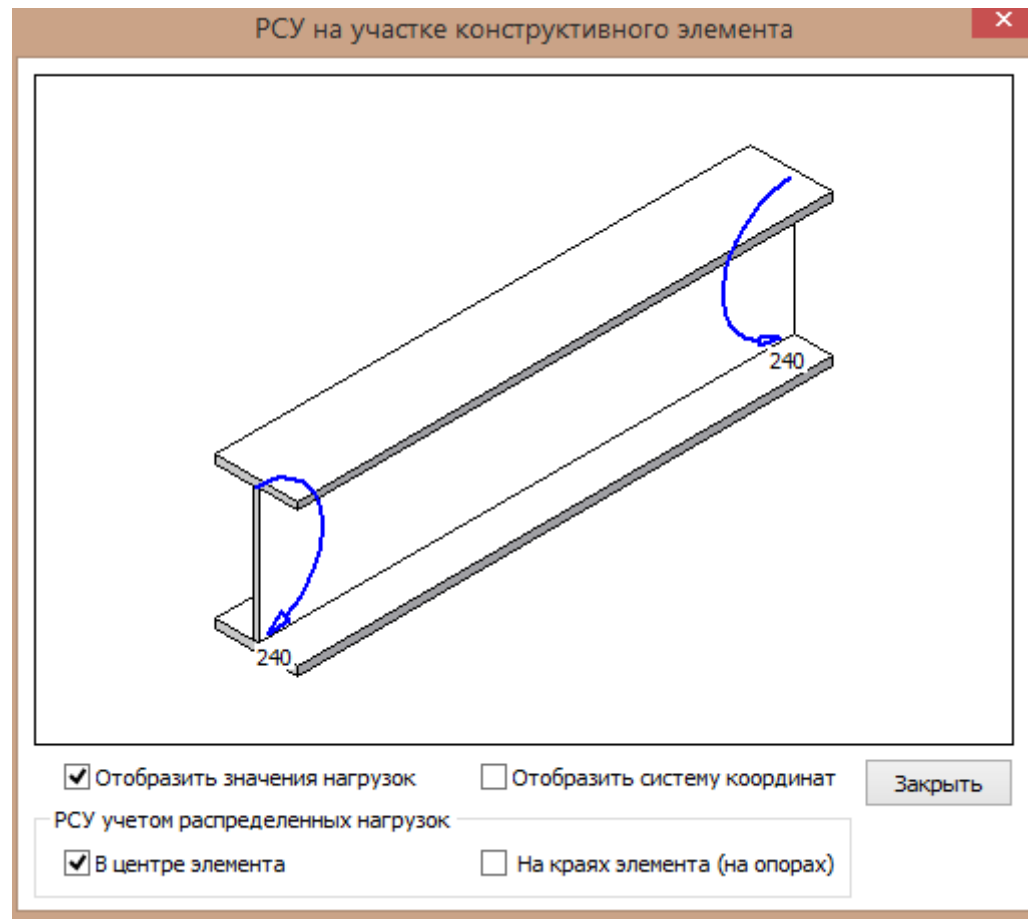


Рисунок 2. 43

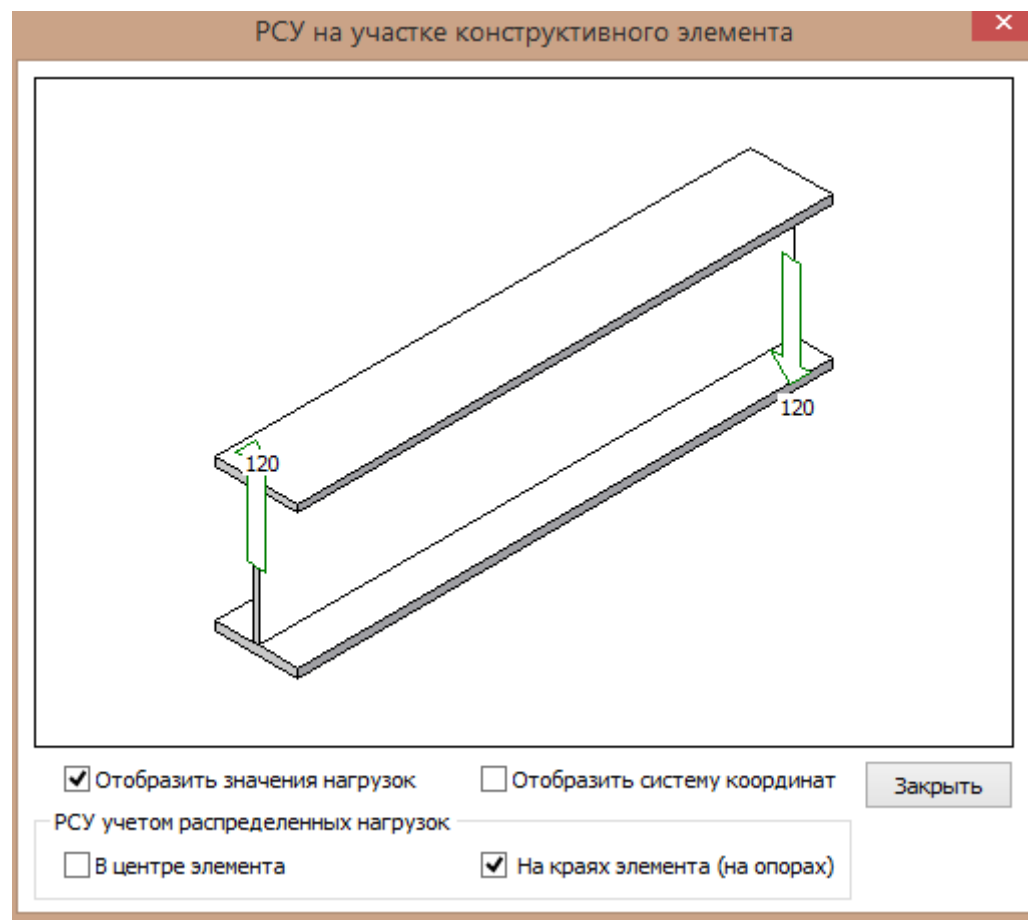


Рисунок 2. 44

11. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке **Параметры сечения сварного двутавра**, рис.2.45;

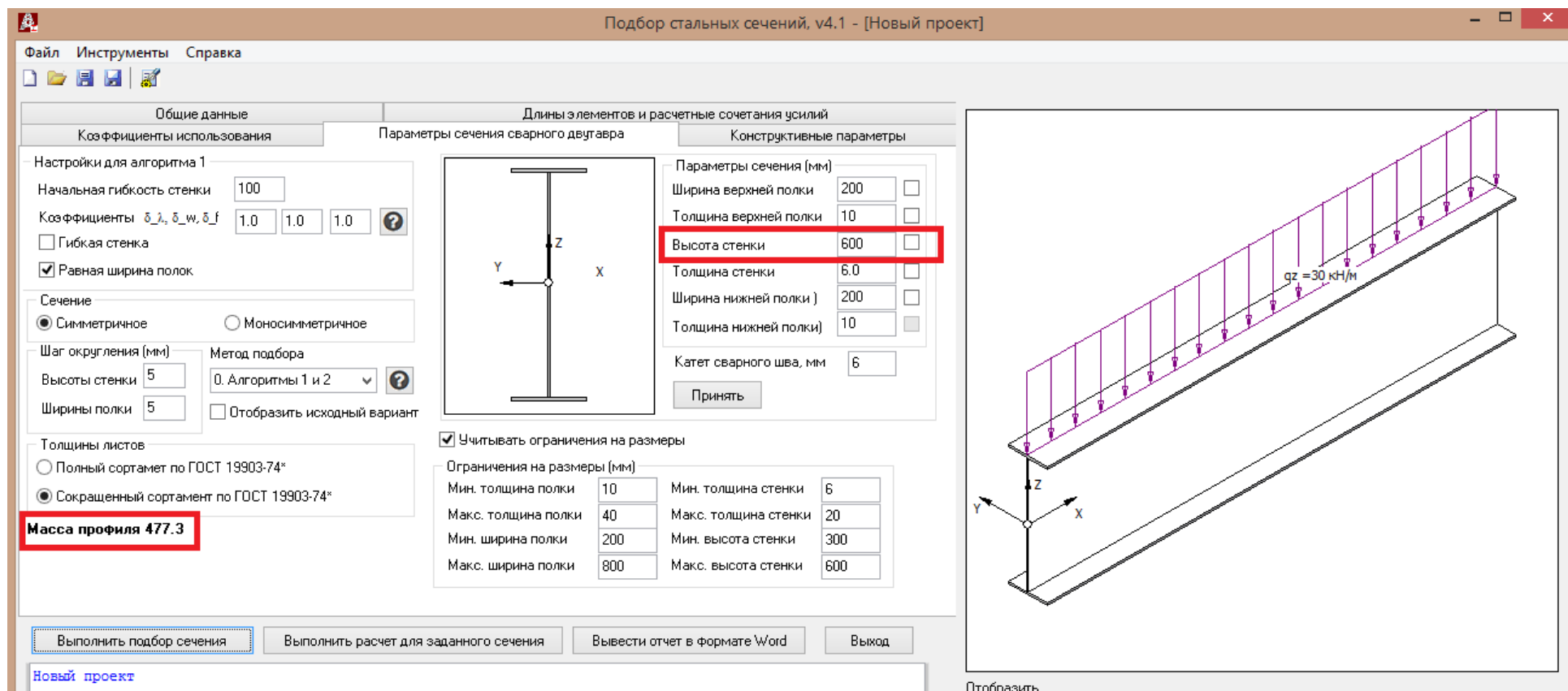


Рисунок 2. 45

13. Коэффициенты использования для балки выводятся на одноименной вкладке, рис. 2.46.

14. Задача решена.

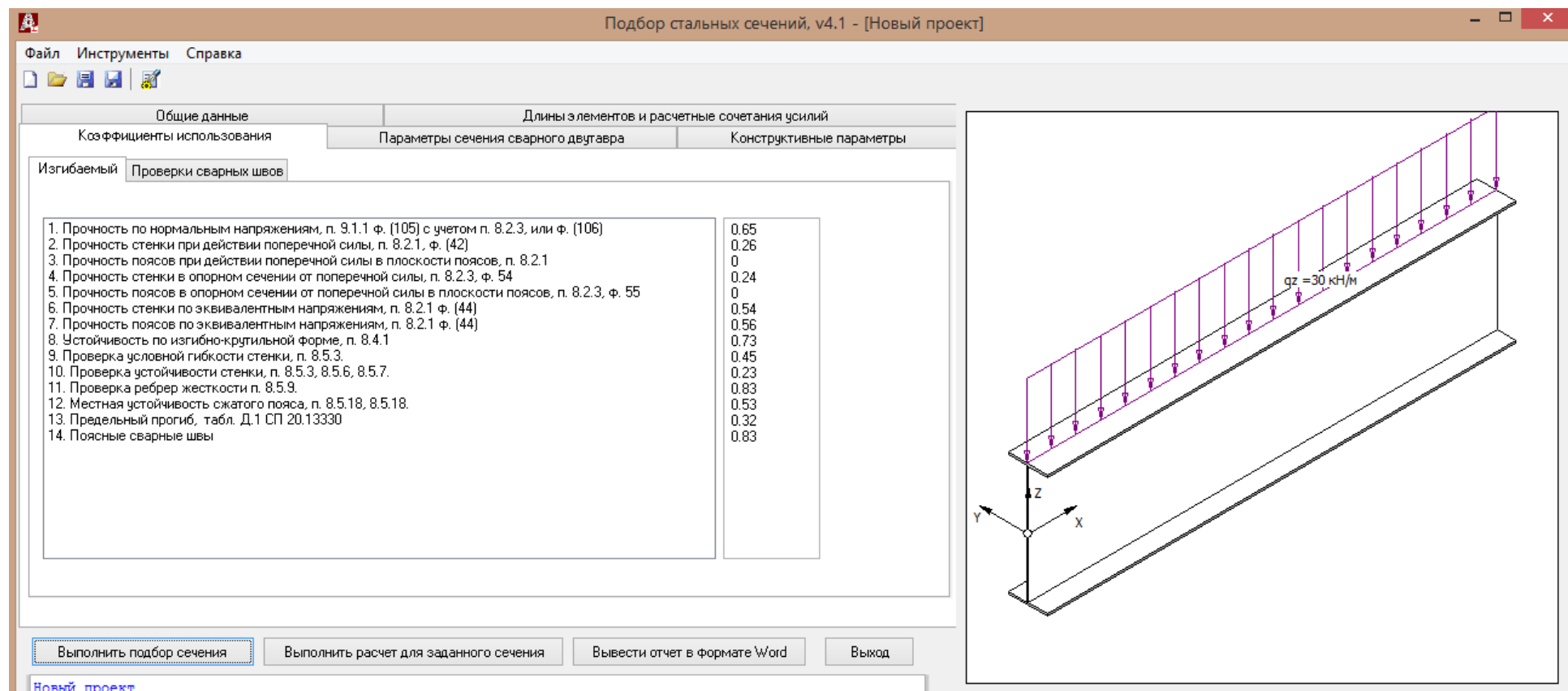


Рисунок 2. 46

3 Подбор сечений при получении РСУ из расчета балки

3.1 Двутавровые балки

3.1.1 Пример 3.1 - (Пример 6.4.1 [2])

- Требуется подобрать предварительное сечение шарнирно-опёртой балки под помещение в 5-ти этажном общественном здании из широкополочного двутавра по ГОСТ Р 57837 при следующих условиях:
- длина балки – 4,0 м;
- перекрытие железобетонное, с опорой на верхний пояс балки;
- максимальная нормативная нагрузка от веса перекрытия составляет $s_{\text{п}} = 14,3 \text{ кН/м}^2$;
- нормативная временная длительная нагрузка $s_{\text{дл}} = 61,5 \text{ кН/м}^2$.
- ширина грузовой площади $b_a = 3,0 \text{ м}$
- материал – сталь металлических конструкций здания – С255 по ГОСТ 27772

Решение

1. На вкладке **Общие данные** главного окна:

- выбрать опцию **Двутавры прокатные**,
- на вкладке **ГОСТ ГОСТ Р 57837** выбрать из списка тип двутавра **Балочный широкополочный (Ш)**,
- в секции **Расчетные сочетания усилий** выбрать опцию **Из расчета балки**;
- на панели **Материал**, нажатием кнопки **Выбрать/Изменить материал**, выбрать сталь **C255** по ГОСТ 27772–2015, рис. 3.1;

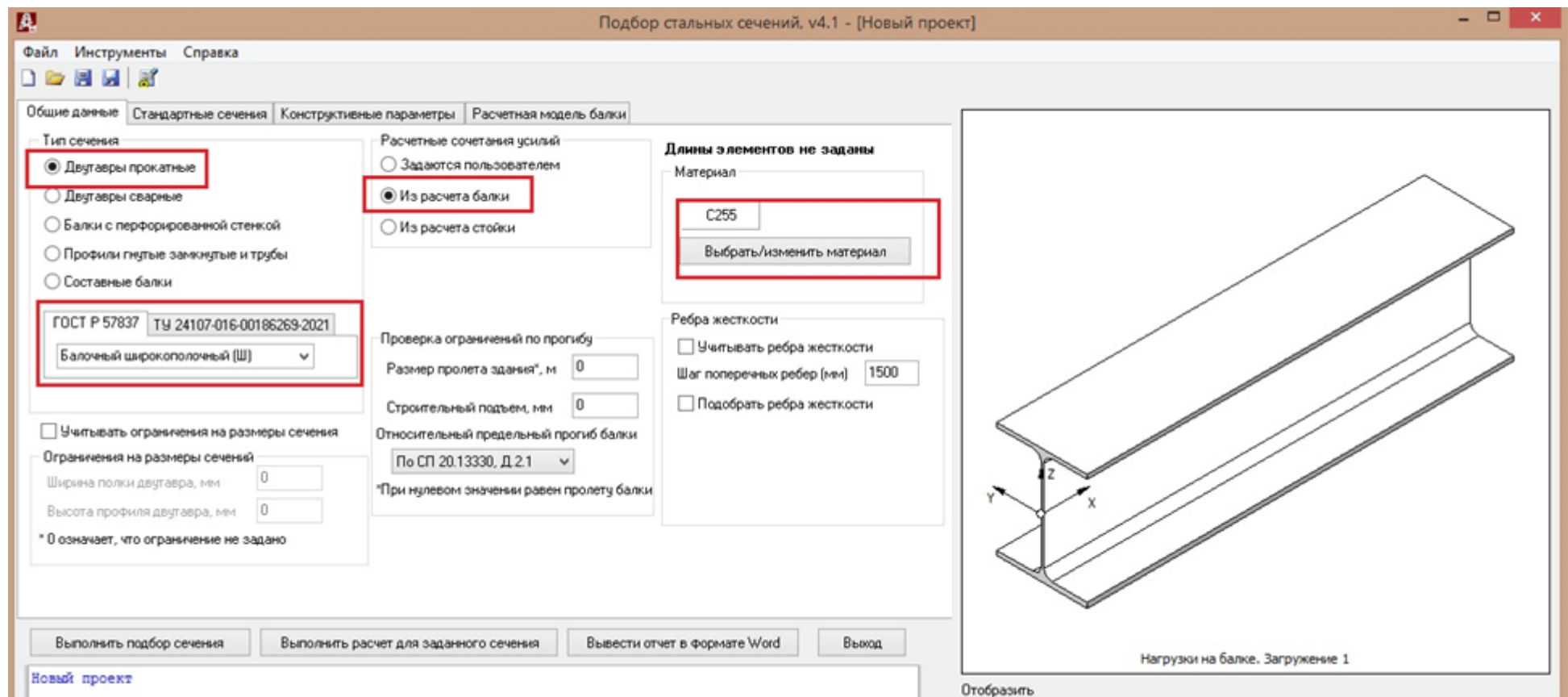


Рисунок 3. 1

- Перейти на вкладку **Расчетная модель балки**, в поле **Длина балки, м** задать 4.0, нажать кнопку **Принять**, При этом автоматически создается загрузка **Собственный вес**, рис. 3.2;

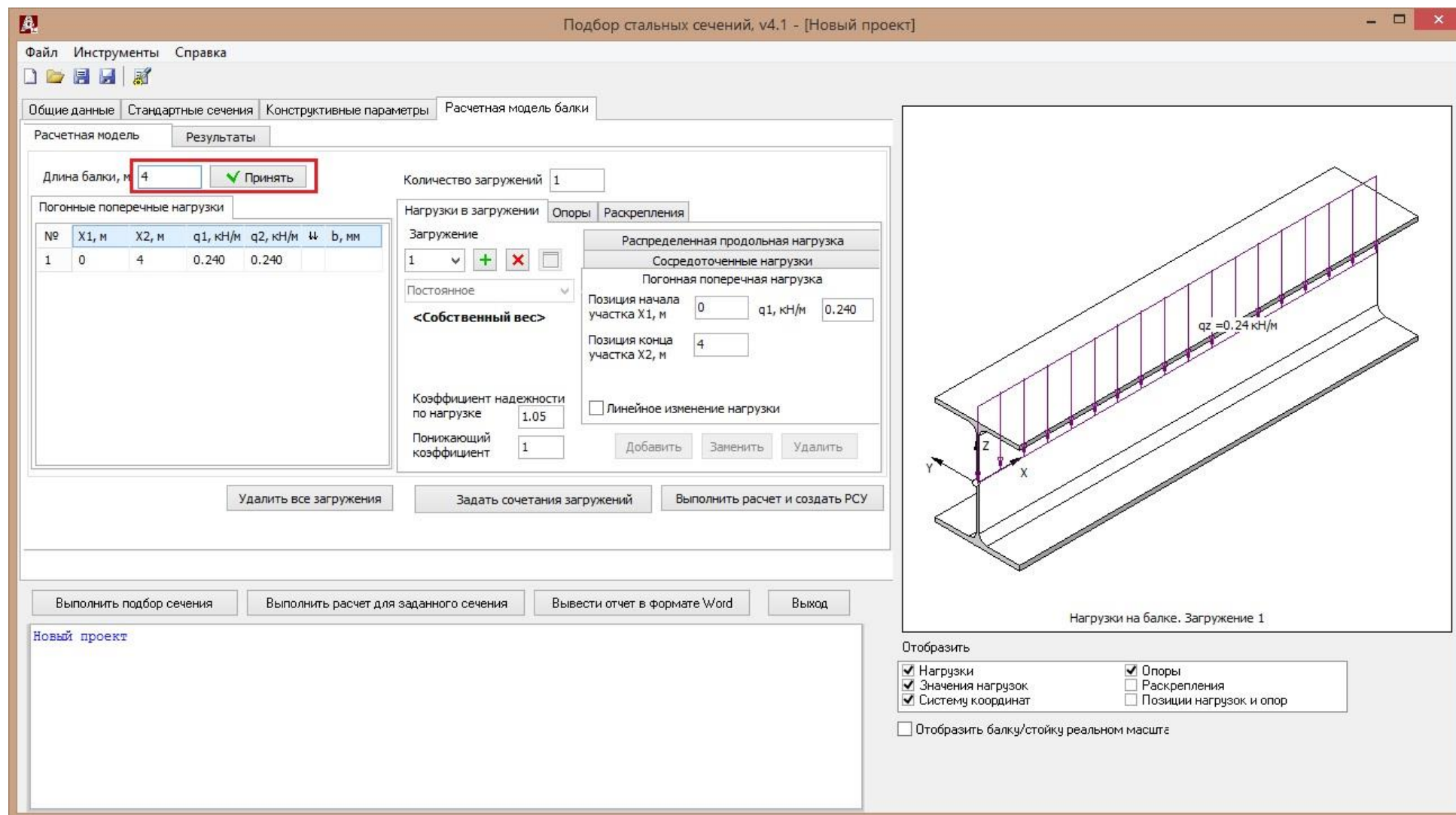

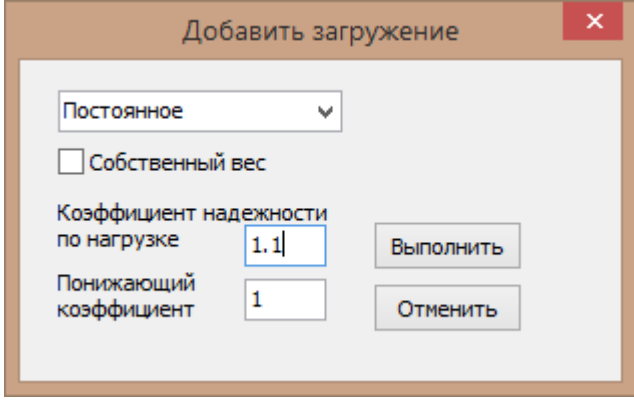


Рисунок 3. 2

3. . На вкладке **Нагрузки в загрузении** нажать кнопку  , , рис. 3.3. В окне **Добавить загрузение** нажать кнопку **Выполнить**;



Добавить загрузение

Постоянное

☐ Собственный вес

Коэффициент надежности по нагрузке 1.1

Понижающий коэффициент 1

Выполнить

Отменить

Рисунок 3. 3

4. На вкладке **Погонная поперечная нагрузка** задать позицию конца участка (4 м) и значение постоянной погонной нагрузки ($q_1 = s_p \cdot b_a = 14.3 \cdot 3 \text{ кН/м}^2$), нажать кнопку **Добавить**, рис. 3.4;

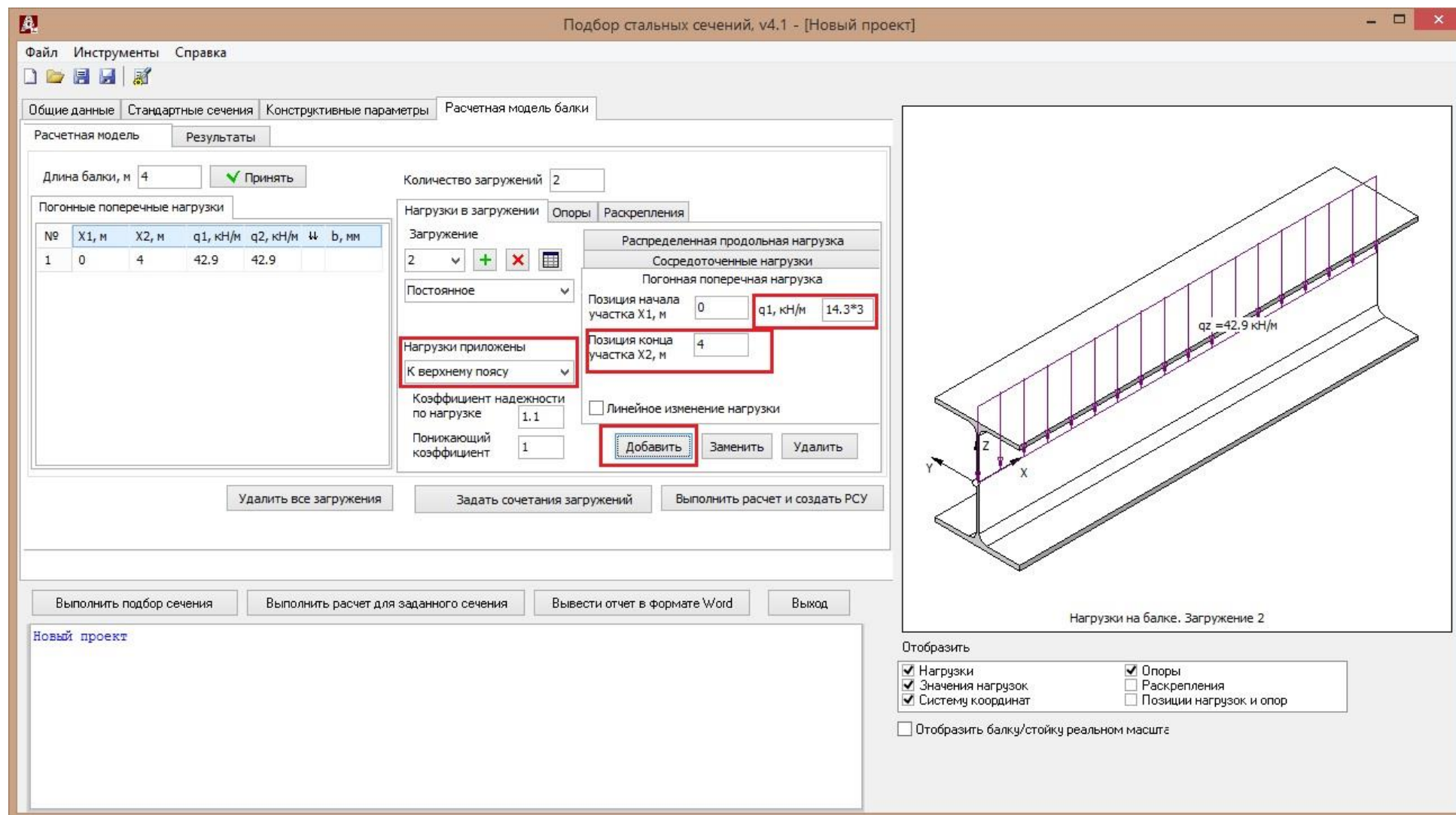

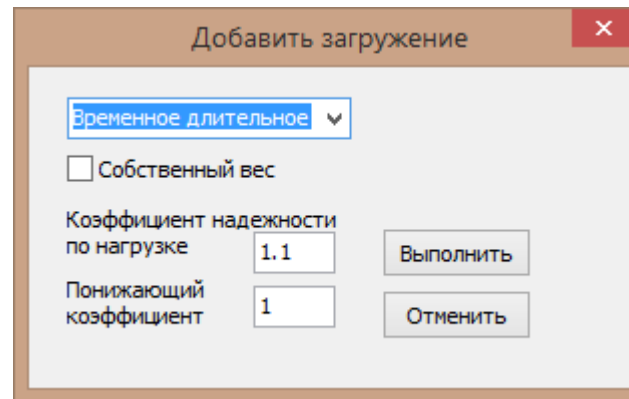


Рисунок 3. 4

5. . На вкладке **Нагрузки в загрузении** нажать кнопку  . В окне **Добавить загрузение** выбрать **Временное длительное**, рис. 3.5, нажать кнопку **Выполнить**



Добавить загрузение

Временное длительное

☐ Собственный вес

Коэффициент надежности по нагрузке 1.1

Понижающий коэффициент 1

Выполнить

Отменить

Рисунок 3. 5

6. На вкладке **Погонная поперечная нагрузка** задать позицию конца участка (4 м) и значение временной погонной нагрузки ($q_1 = s_{\text{дл}} \cdot b_a = 61.5 \cdot 3 \text{ кН/м}^2$), нажать кнопку **Добавить**, рис. 3.6

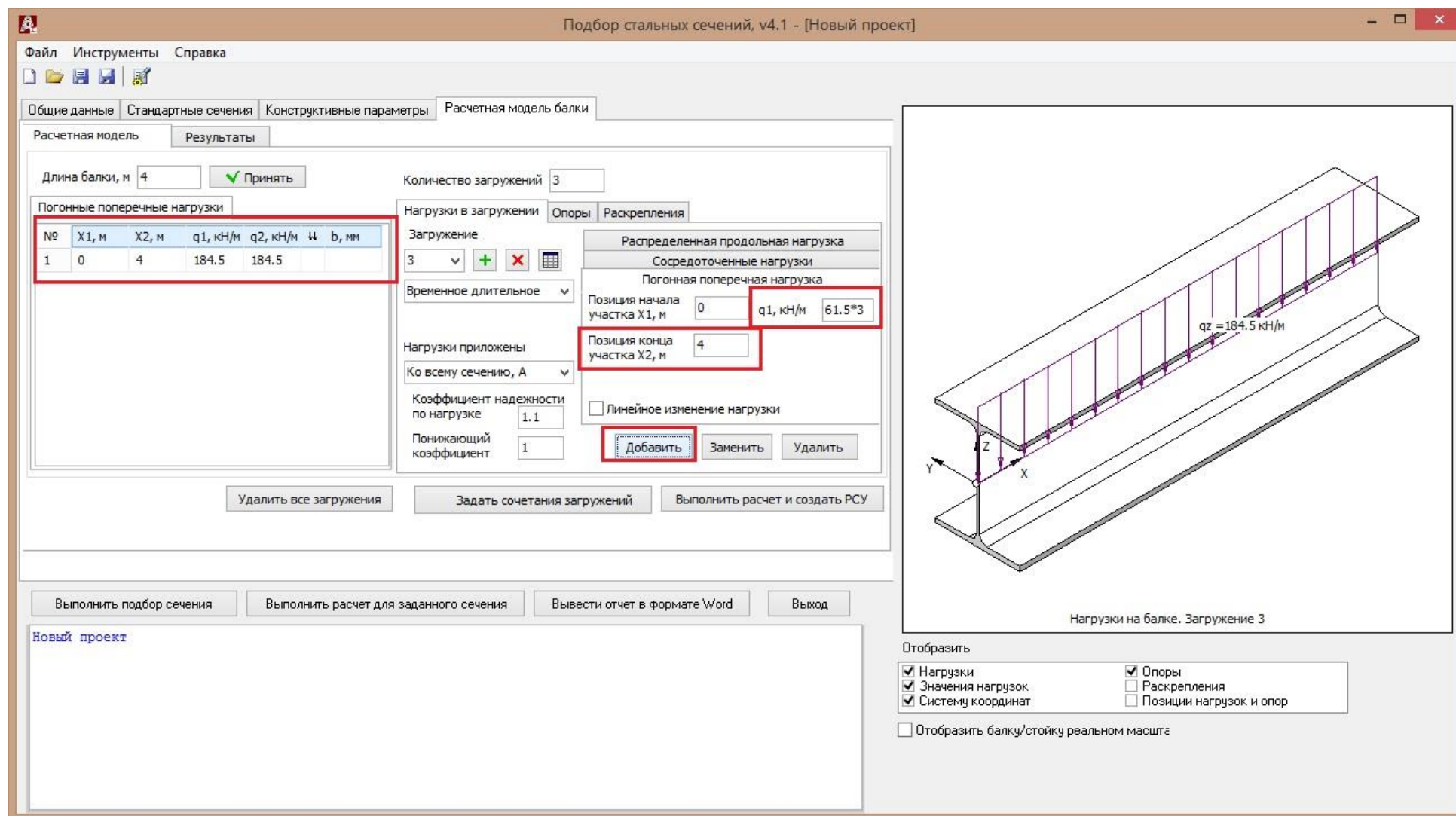


Рисунок 3. 6

7. Нажать кнопку **Задать сочетания загружений**, рис. 3.7, нажать кнопку **Принять изменения**, рис. 3.8;

Сочетания загружений

Загружения->

№ комб.	1 C	2 C	3 L
1	1	1	1

Загружения:
C - постоянное

L - длительное
S - кратковременное

+ Добавить строку

X Удалить строку

Вставить из буфера

Принять изменения

Выйти без изменений

Рисунок 3. 7

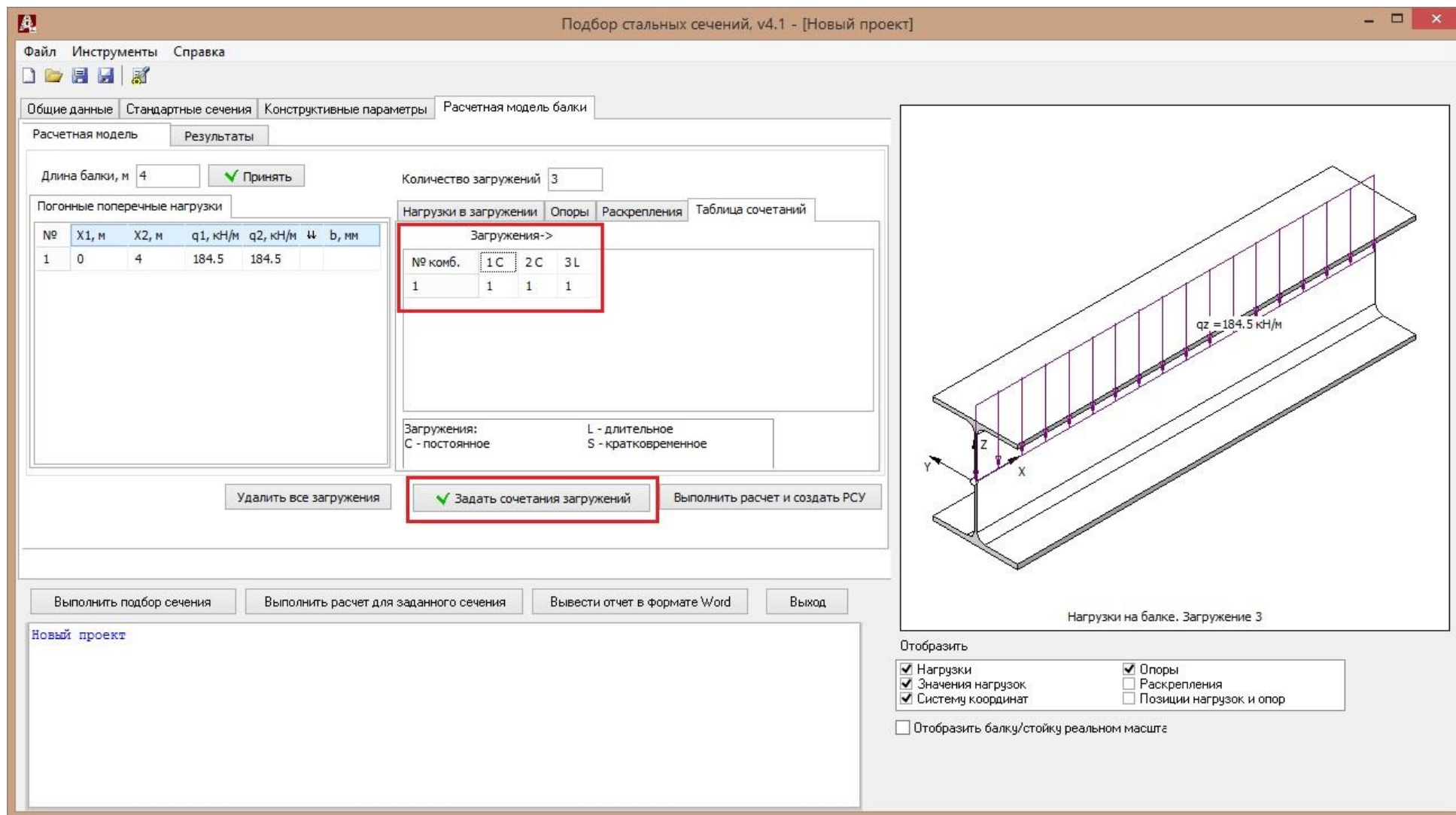


Рисунок 3. 8

8. Перейти на вкладку **Опоры**, и в секции **Количество пролетов балки** выбрать опцию **1**, рис. 3.9;

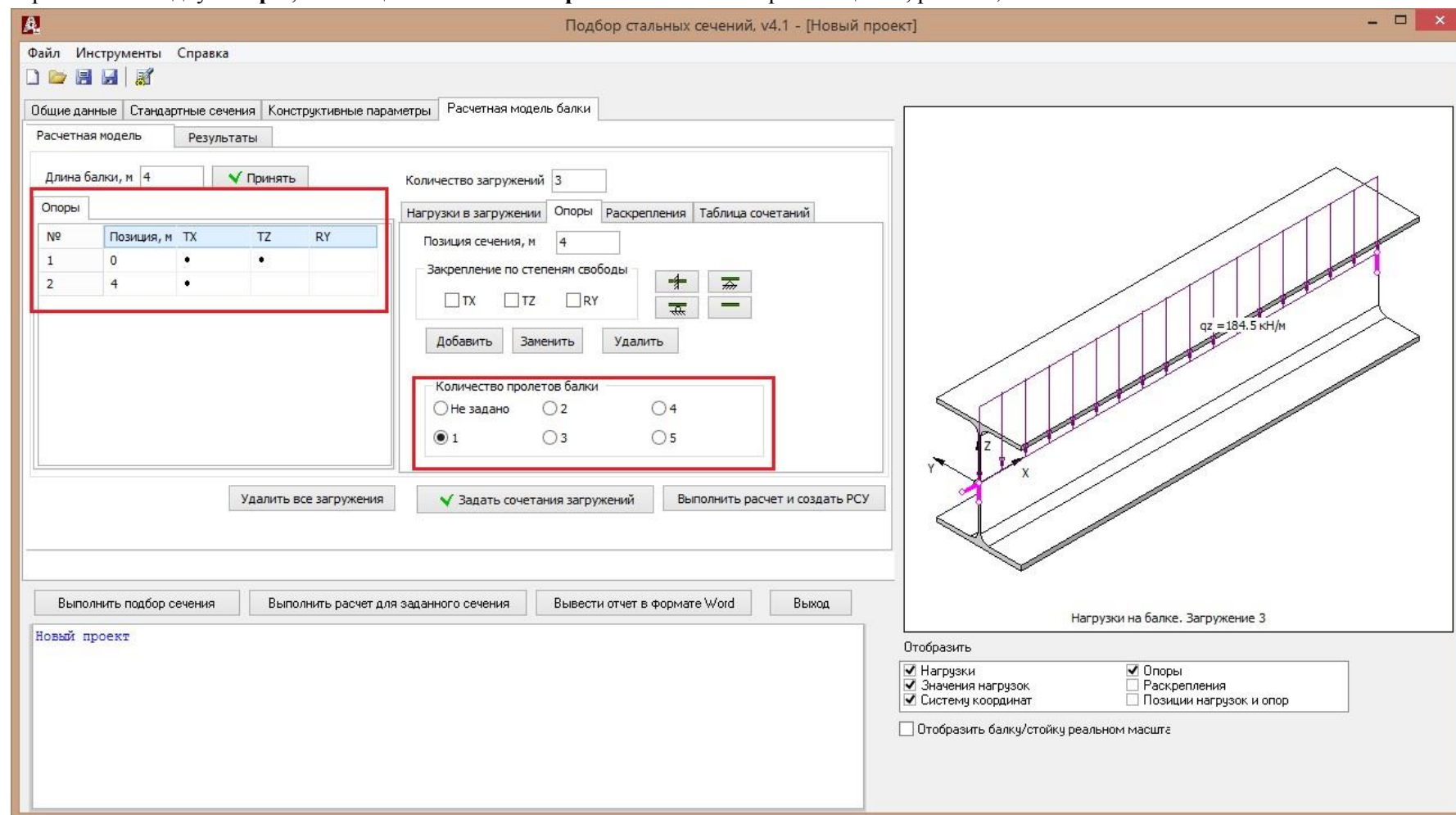


Рисунок 3. 9

9. Перейти на вкладку **Раскрепления**, нажать кнопку **Принять**, рис. 3.10;

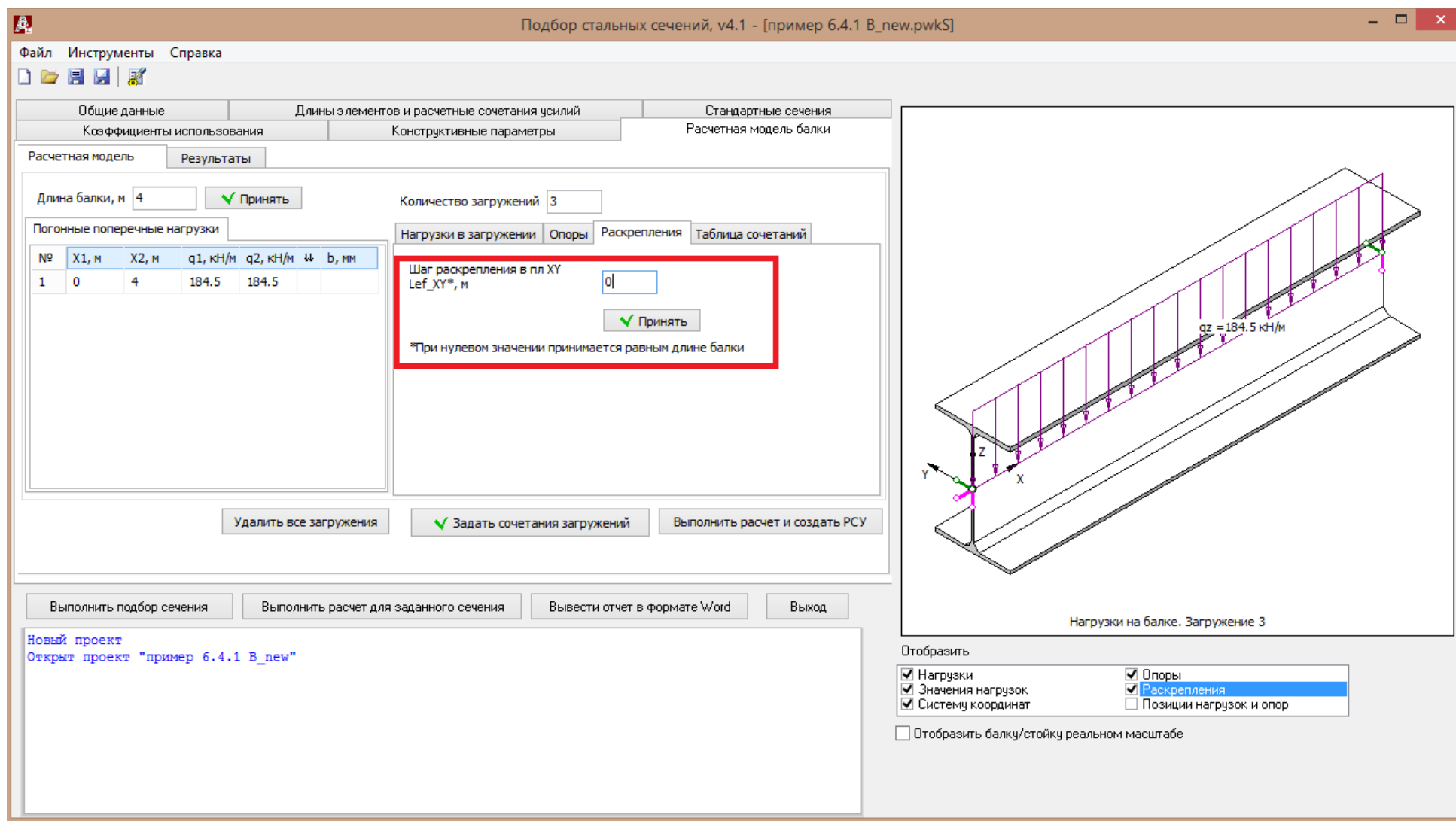


Рисунок 3. 10

10. Нажать кнопку **Выполнить расчет и создать РСУ**, рис. 3.11.

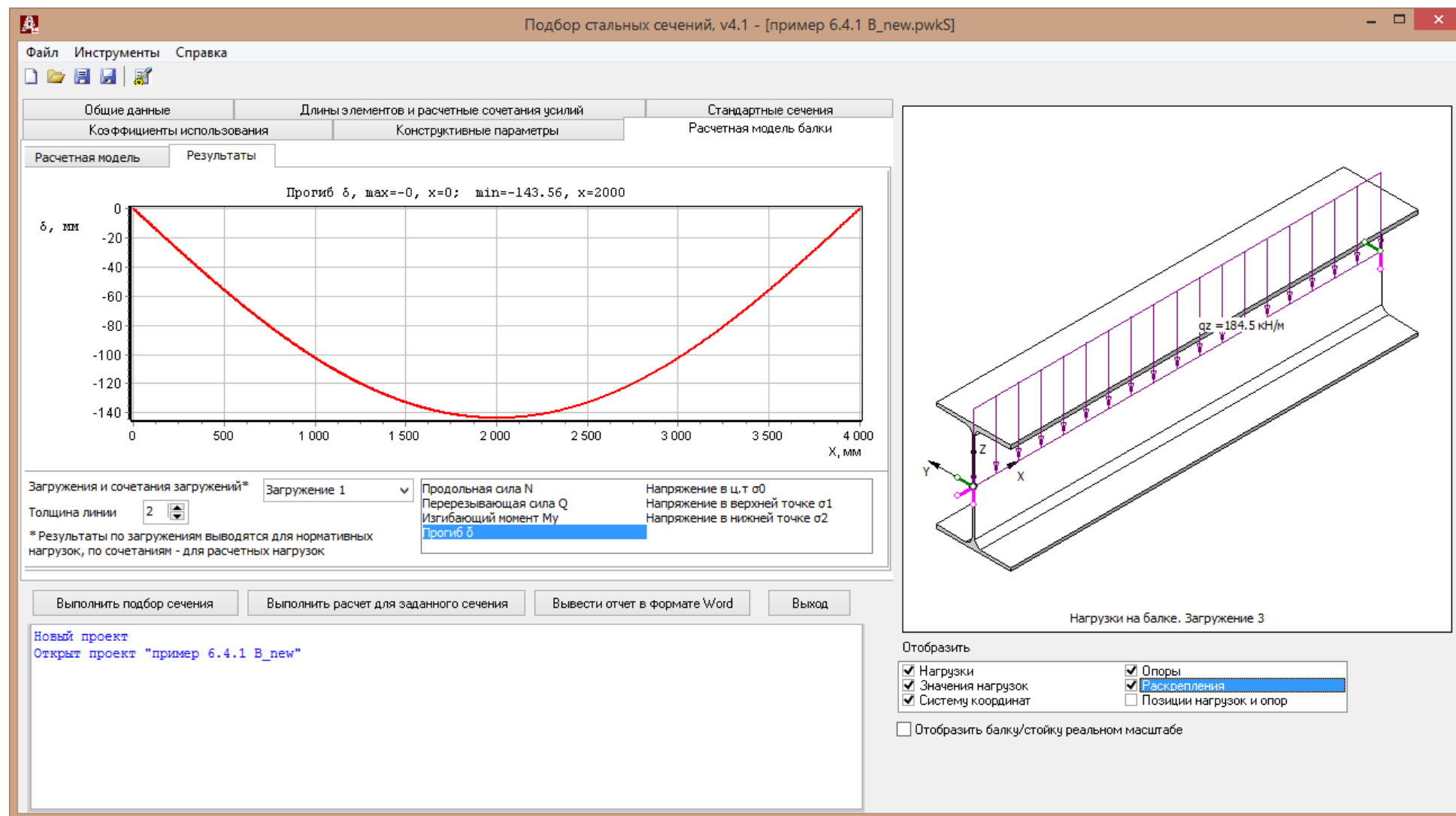


Рисунок 3. 11

11. Полученные РСУ можно посмотреть на вкладке **Длины элементов и расчетные сочетания усилий**, рис. 3.12.

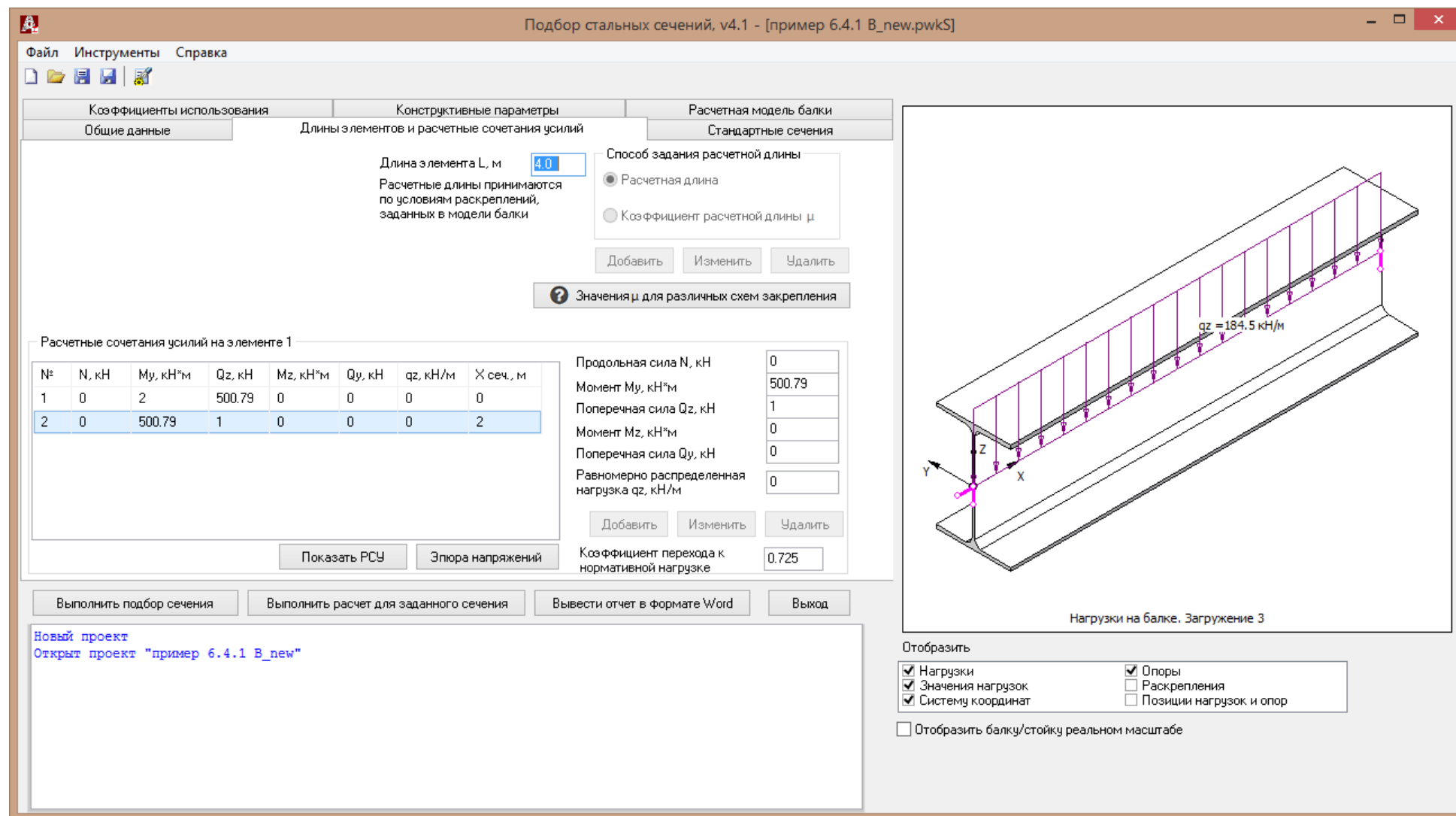


Рисунок 3. 12

12. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке **Стандартные сечения**, рис. 3.13;

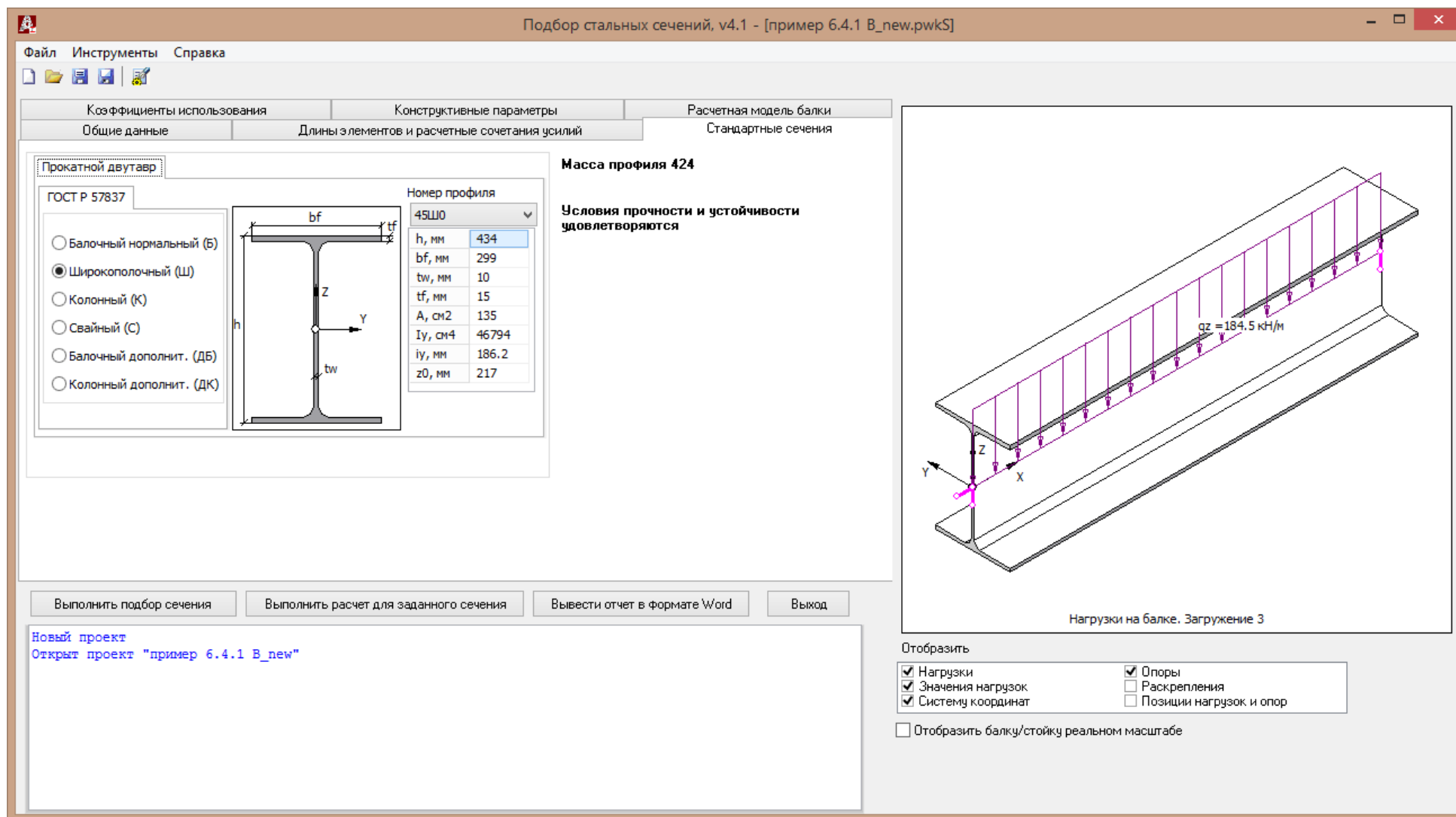


Рисунок 3. 13

13. Коэффициенты использования для колонны выводятся на одноименной вкладке, рис. 3.14.

Задача решена.

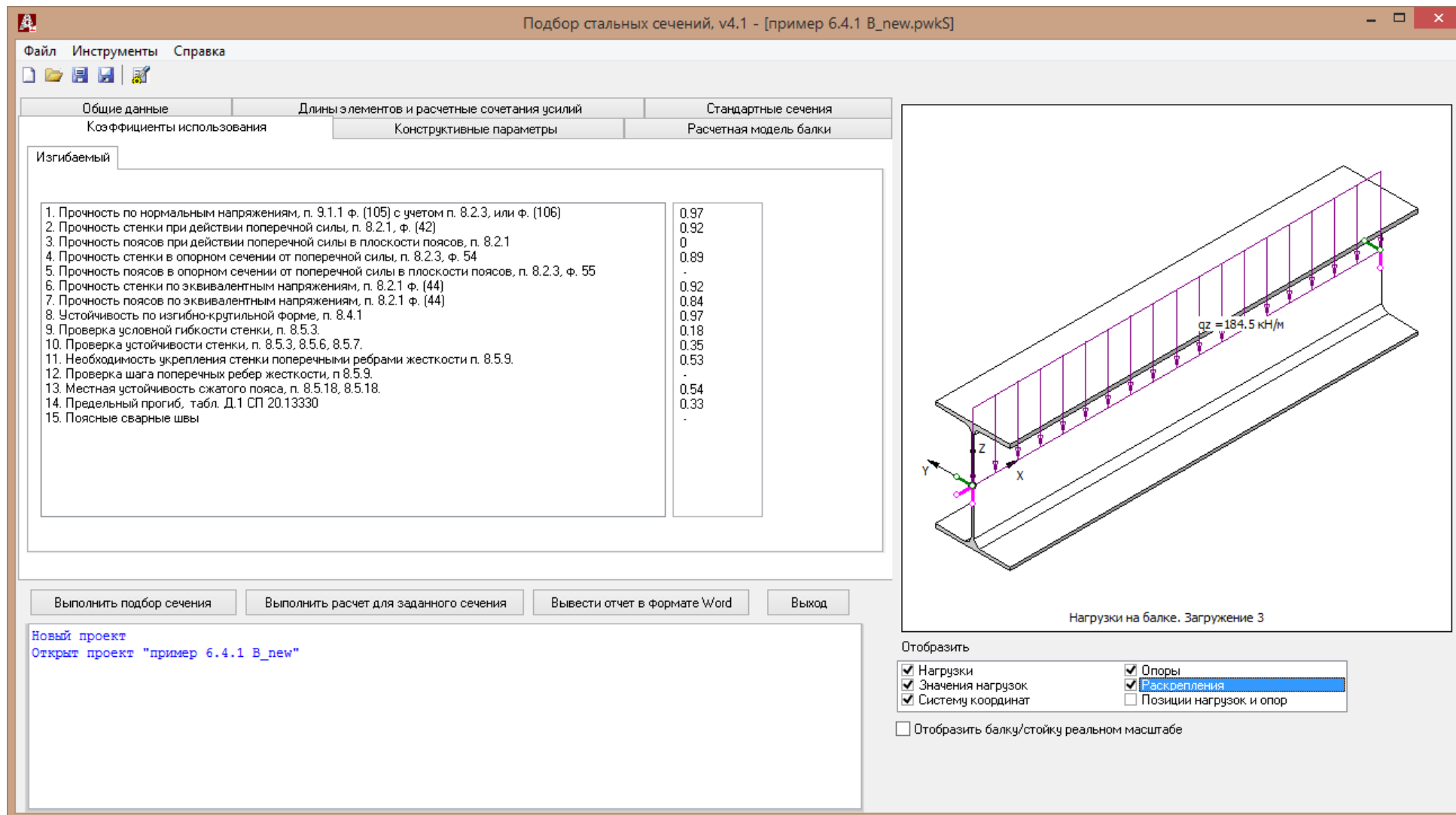


Рисунок 3. 14

3.2 Балки из составных сечений

3.2.1 Пример 3.2

- Требуется подобрать предварительное сечение шарнирно-опёртой балки составного сечения из балочного тавра по ГОСТ Р 57837 и пластины, приваренной к стенке снизу, при следующих условиях:
- длина балки – 4,0 м;
- перекрытие железобетонное, с опорой на пластину;
- максимальная нормативная нагрузка от веса перекрытия составляет $s_{\text{п}} = 14,3 \text{ кН/м}^2$;
- нормативная временная длительная нагрузка $s_{\text{дл}} = 61,5 \text{ кН/м}^2$.
- ширина грузовой площади $b_a = 3,0 \text{ м}$
- материал – сталь металлических конструкций здания – С255 по ГОСТ 27772

Решение

1. На вкладке **Общие данные** главного окна:

- выбрать опцию **Составные сечения**, рис. 3.15;
- выбрать из списка **Тавр+пластина, приваренная к стенке снизу**;
- на панели **Материал** нажатием кнопки **Выбрать/Изменить материал** выбрать сталь **C255** по ГОСТ 27772–2015;

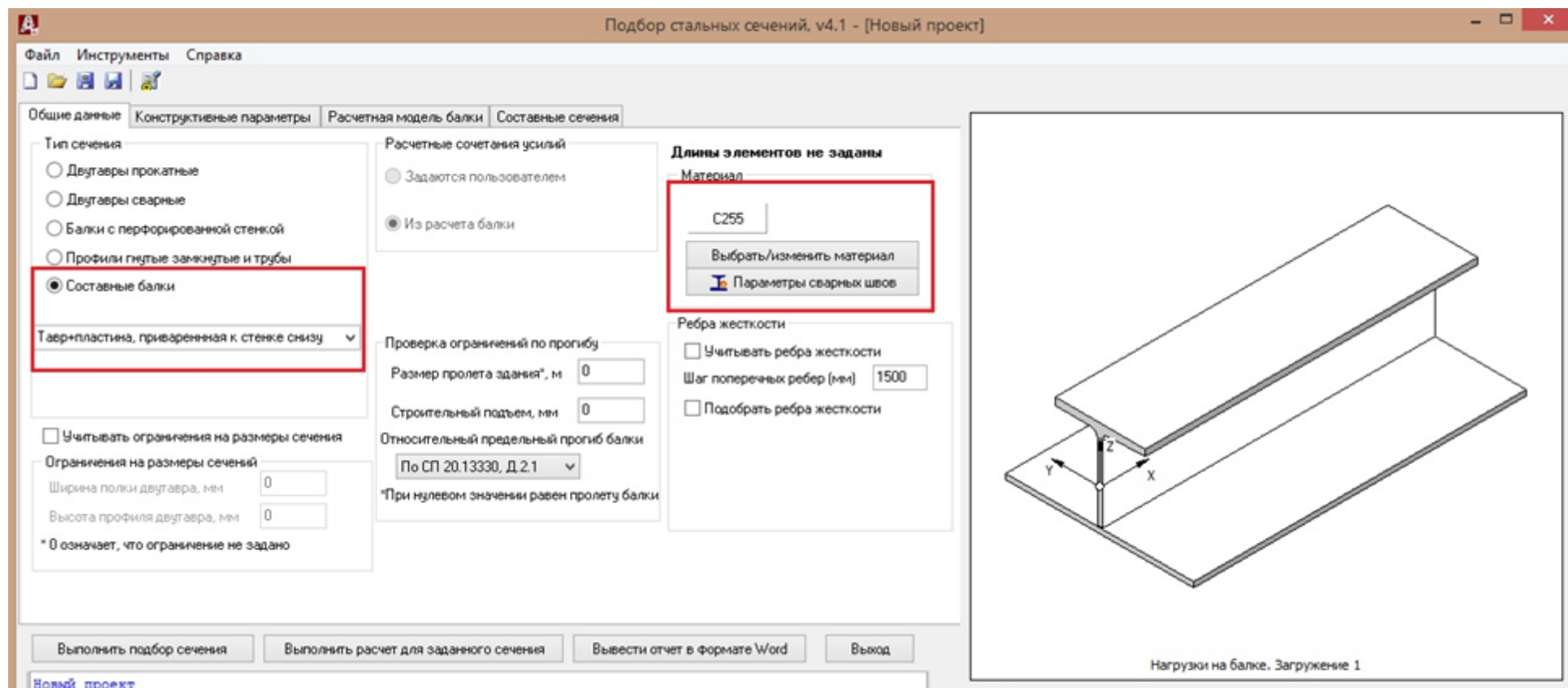


Рисунок 3. 15

- нажать кнопку **Параметры сварных швов**, рис. 3.16, нажать **Принять**;

Параметры сварных швов

Расчетное сопротивление угловых швов (МПа)

Rwf, табл. Г.2. СП 16.13330.2017

Run для стали C255

Rwz = 0.45Run

Расчетное сопротивление стыковых соединений ... (МПа)

Rwy=0.85Ru, табл. 4. СП 16.13330.2017

Коэффициенты

beta_f gamma_wf

beta_z gamma_wz

Вид сварки

☒ Ручная дуговая

☐ Автоматическая и механизированная

Принять Отменить

Рисунок 3. 16

1. Перейти на вкладку **Составные сечения**;

- Выбрать вкладку **ГОСТ Р 57837**, выбрать опцию **Широкополочный (ШТ)**, в списке **Номер профиля** выбрать **60ШТ1** (это произвольный выбор для более реалистичного изображения балки), (Да), нажать кнопку **Применить**, рис. 3.17.

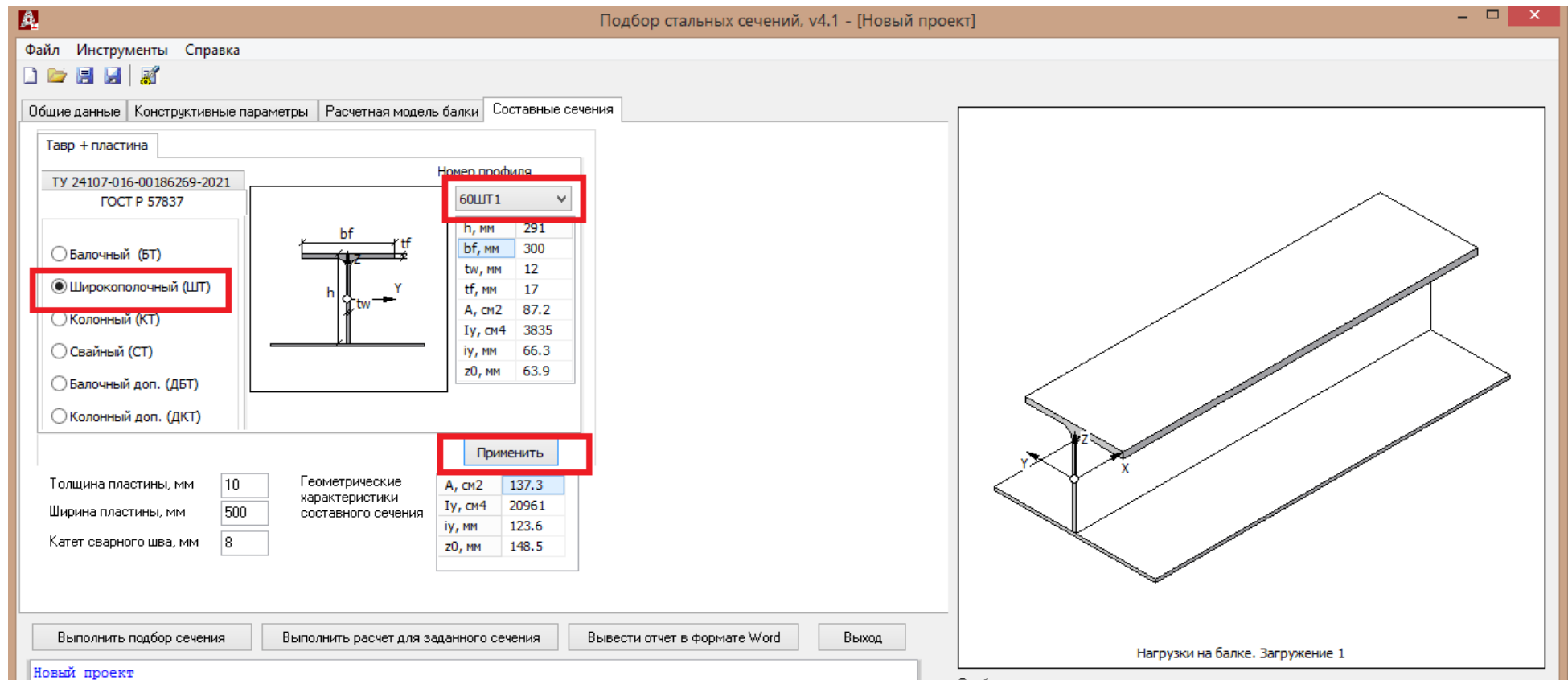


Рисунок 3. 17

2. Перейти на вкладку **Расчетная модель балки**, в поле **Длина балки**, м задать 4.0, нажать кнопку **Принять**. При этом автоматически создается загрузка **Собственный вес**, рис. 3.18;

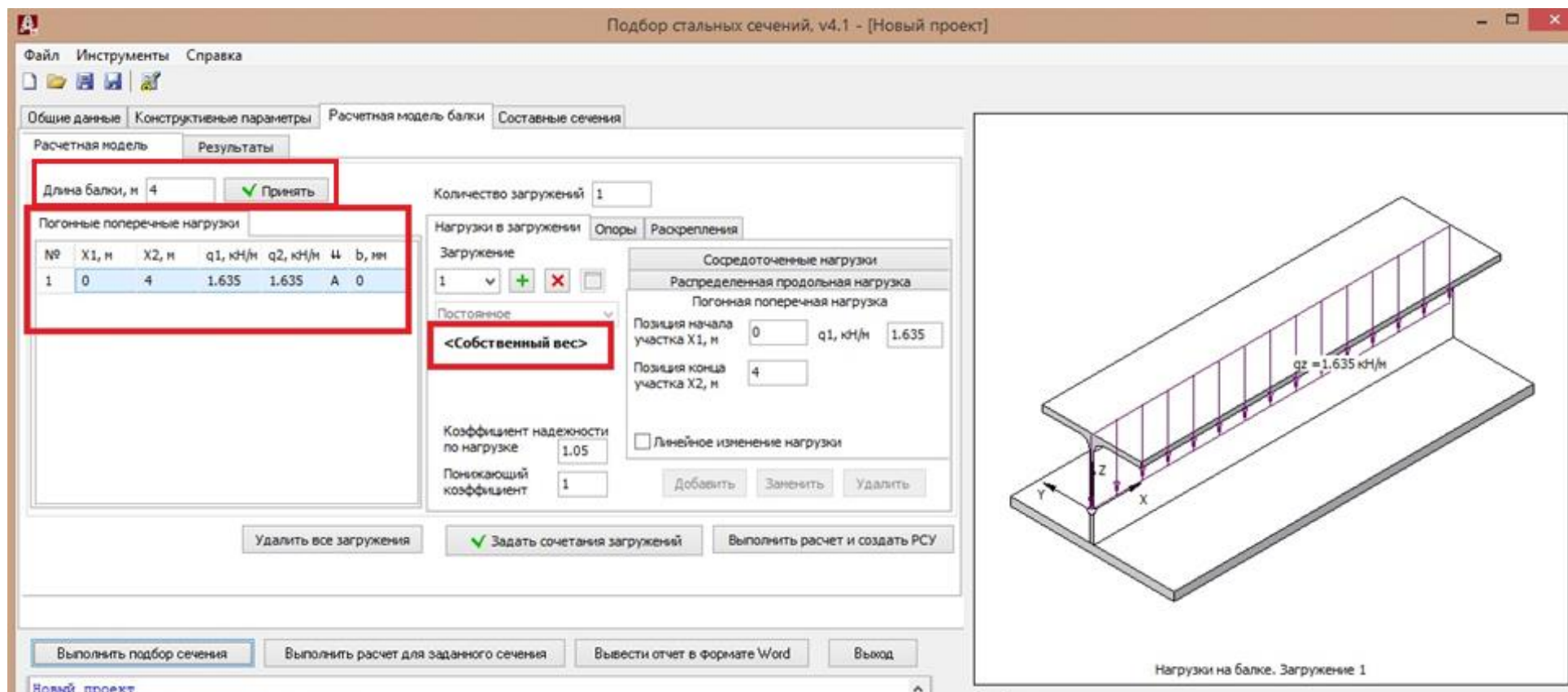



Рисунок 3. 18

3. . На вкладке **Нагрузки в загрузении** нажать кнопку  . В окне **Добавить загрузение** нажать кнопку **Выполнить**;
4. .На вкладке **Погонная поперечная нагрузка** задать позицию конца участка (4 м), значение постоянной погонной нагрузки ($q_1 = s_p \cdot b_a = 14.3 \cdot 3 \text{ кН/м}^2$), выбрать из списка **Нагрузки приложены – Плита слева и справа, LR**, задать в поле **Расстояние от края плиты, мм - 80**, и нажать кнопку **Добавить**, рис. 3.19;

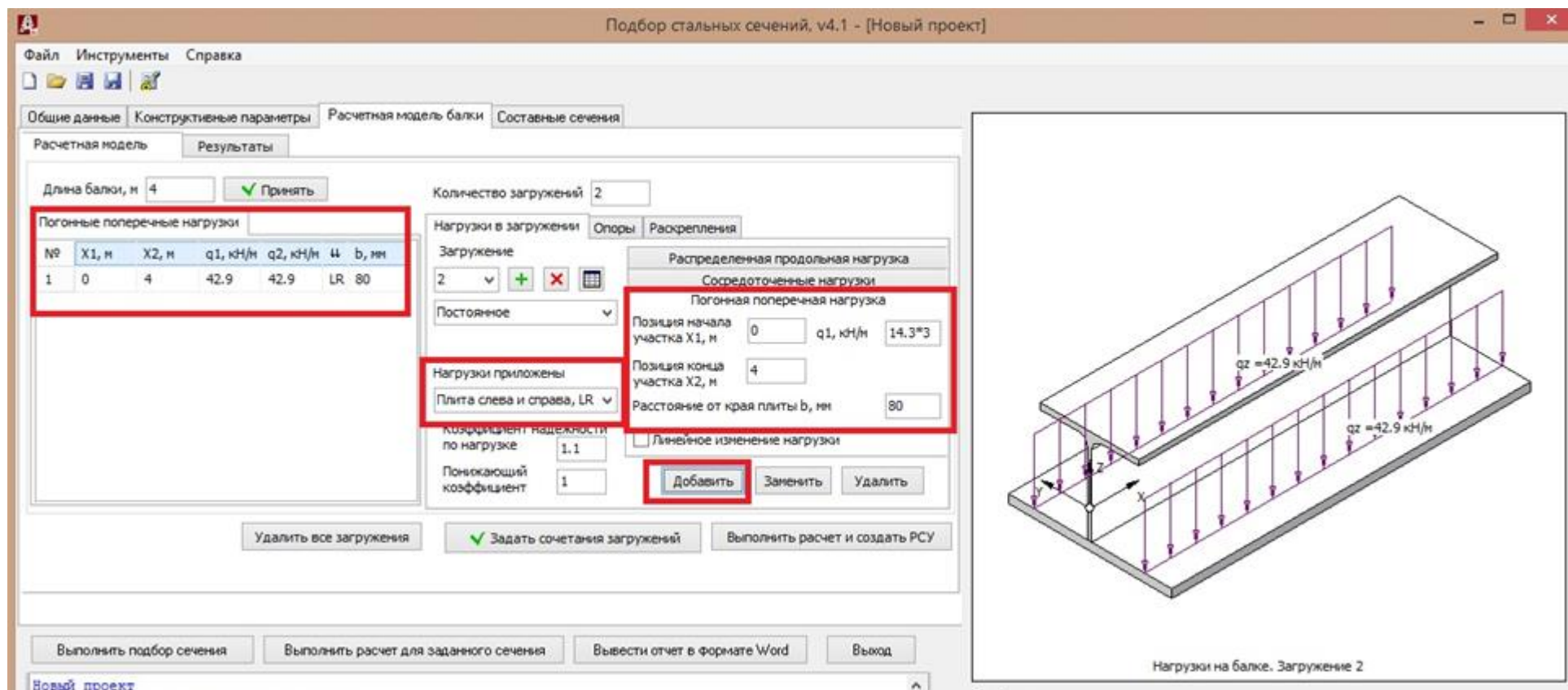



Рисунок 3. 19

5. На вкладке **Нагрузки в загрузении** нажать кнопку  . В окне **Добавить загрузение** выбрать **Временное длительное**, нажать кнопку **Выполнить**;
6. На вкладке **Погонная поперечная нагрузка** задать позицию конца участка (4 м), значение временной погонной нагрузки ($q_1 = s_{дл} \cdot b_a = 61.5 \cdot 3 \text{ кН/м}^2$), выбрать из списка **Нагрузки приложены – Верхний пояс, U**, нажать кнопку **Добавить**, рис. 3.20

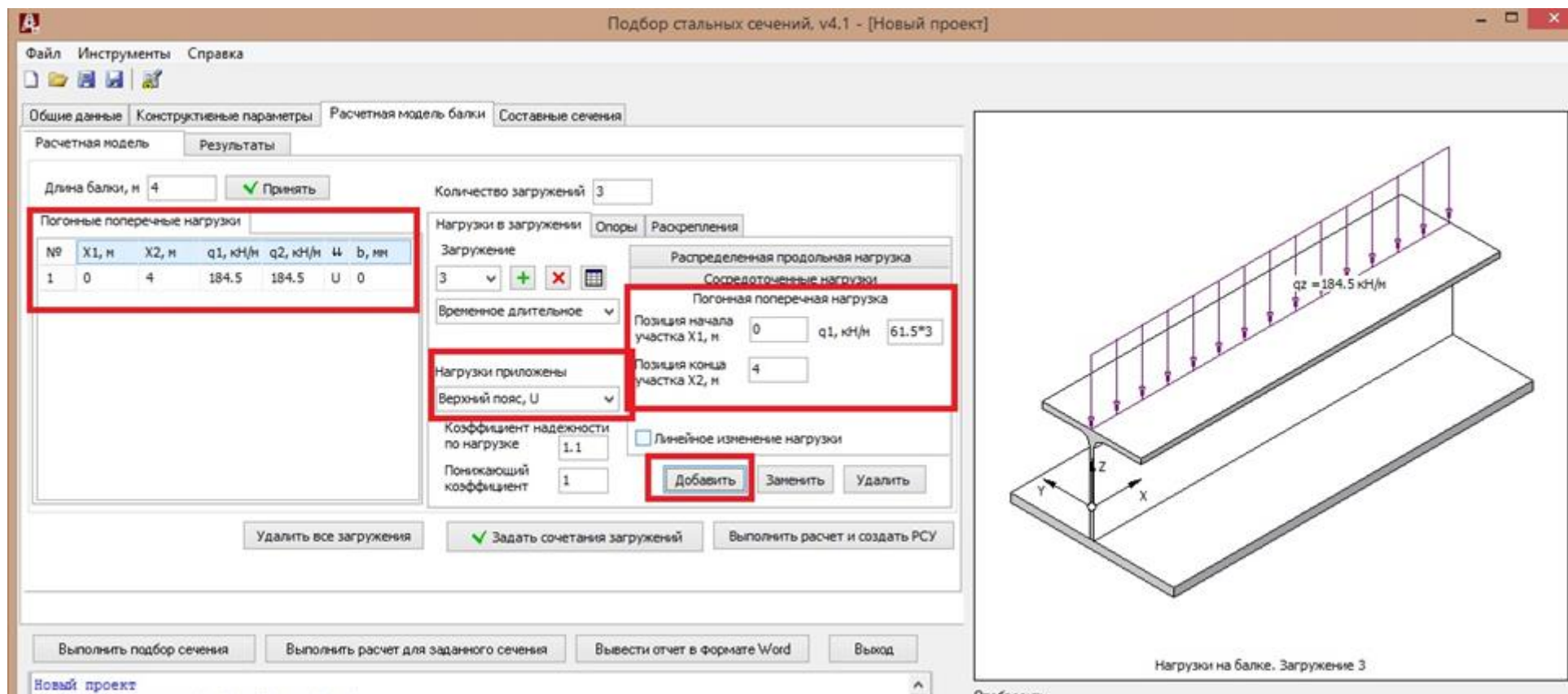


Рисунок 3. 20

7. Нажать кнопку **Задать сочетания нагрузжений**, нажать кнопку **Принять изменения**;
8. Перейти на вкладку **Опоры**, и в секции **Количество пролетов балки** выбрать опцию **1**, рис. 3.21;

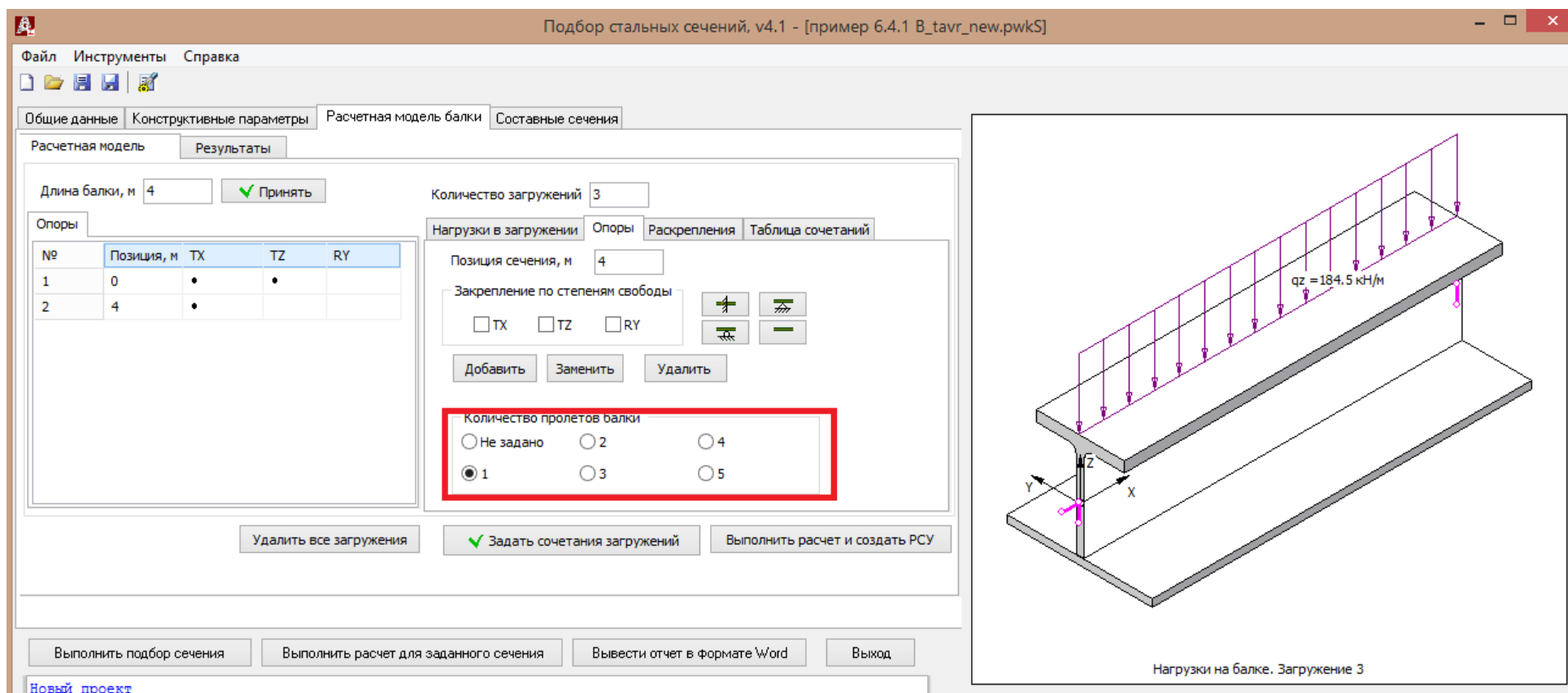


Рисунок 3. 21

9. Перейти на вкладку **Раскрепления**, нажать кнопку **Принять**, рис. 3.22;

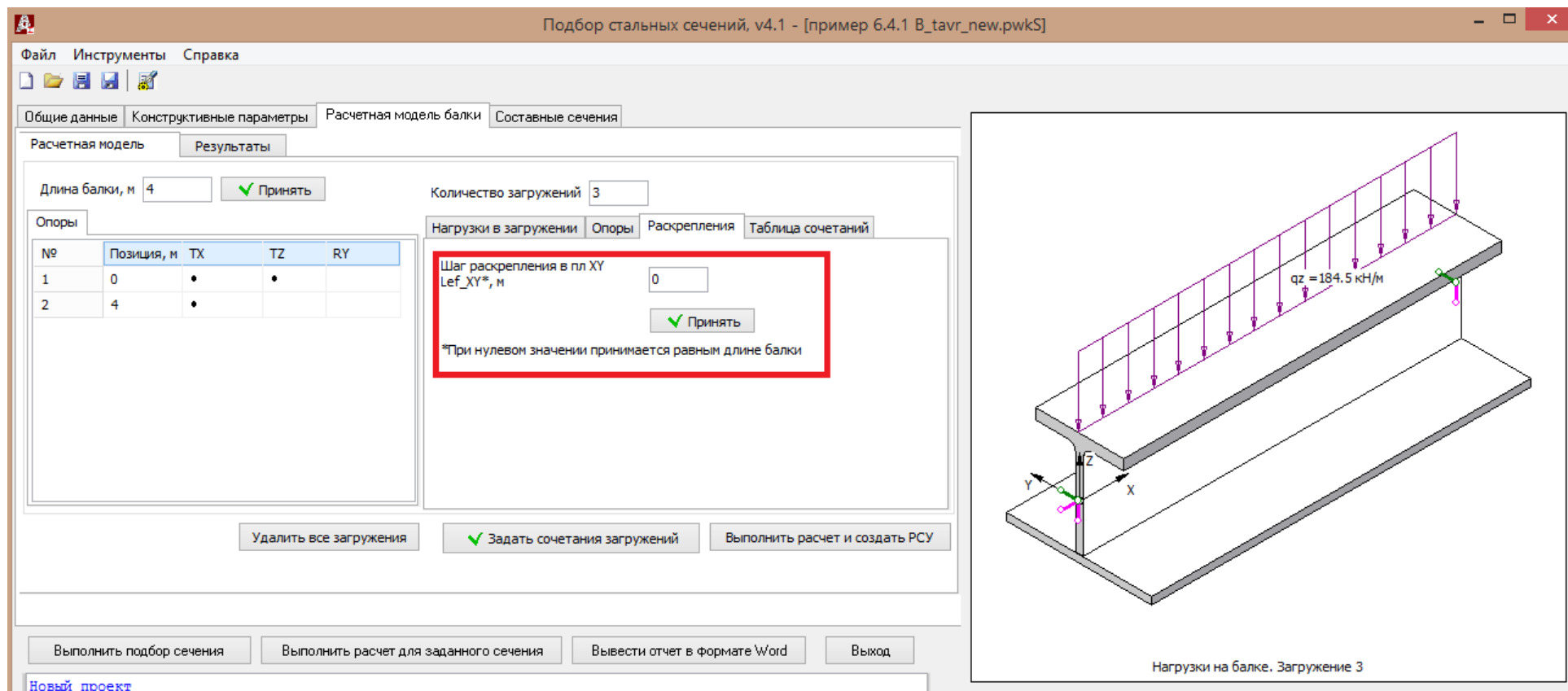


Рисунок 3. 22

10. Нажать кнопку **Выполнить расчет и создать РСУ**, рис. 3.22

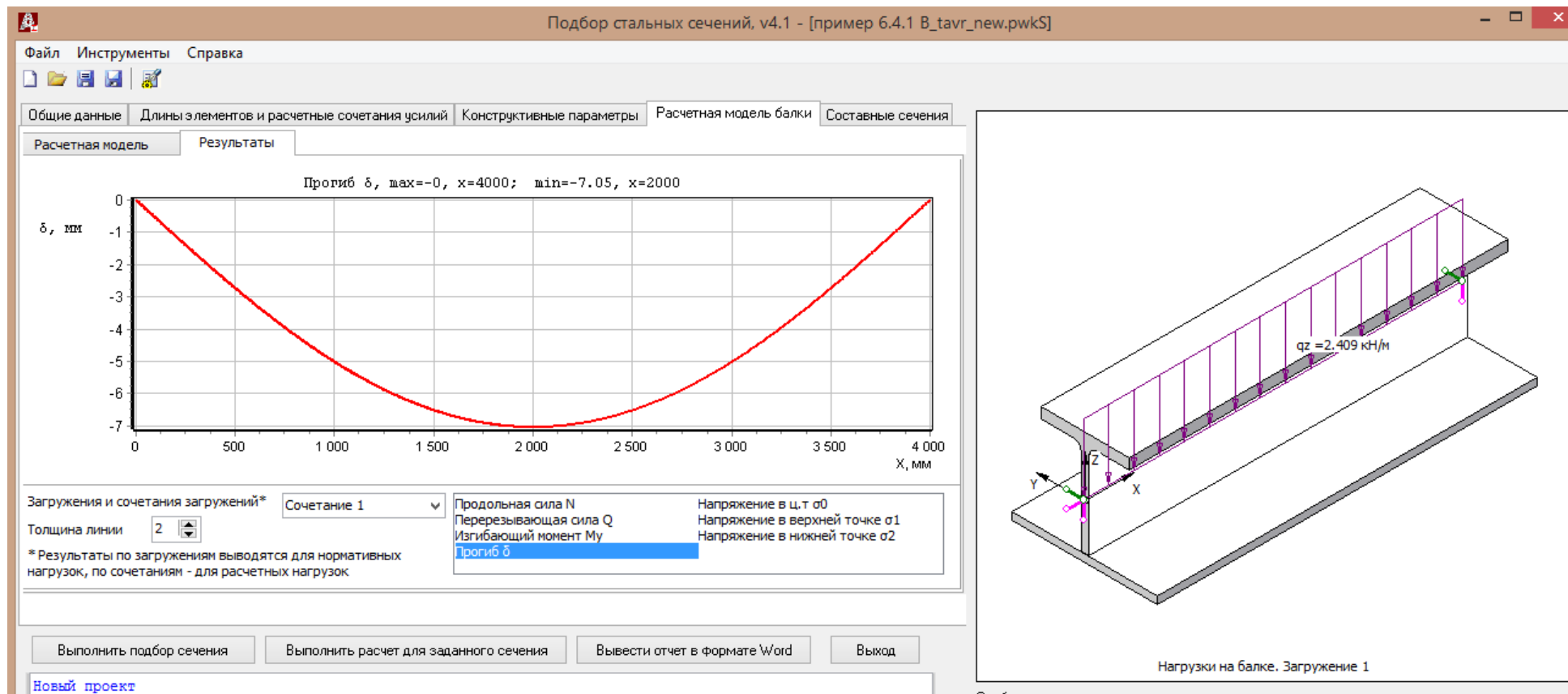


Рисунок 3. 23

11. Полученные РСУ можно посмотреть на вкладке **Длины элементов и расчетные сочетания усилий**, рис. 3.24.

Подбор стальных сечений, v4.1 - [пример 6.4.1 B_tavr_new.pwkS]

Файл Инструменты Справка

Общие данные **Длины элементов и расчетные сочетания усилий** Конструктивные параметры Расчетная модель балки Составные сечения

Длины и расчетные длины элементов, м

Элемент	Длина L, м	lef_XZ, м	lef_XY, м	Lc*, м
1	4	4	4	0

Длина и расчетные длины принимаются по условиям, заданным в модели балки

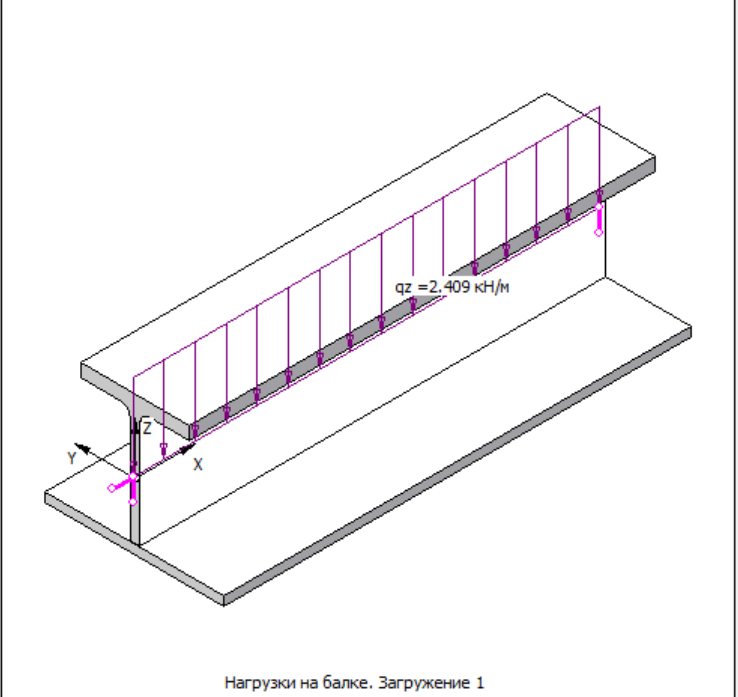
*Lc - шаг раскрепления сжатого пояса
При нулевом значении принимается $L_c = l_{ef_XY}$

Расчетные сочетания усилий на элементе 1

№	N, кН	My, кН*м	Qz, кН	Mz, кН*м	Qy, кН	qz, кН/м	X сеч., м
1	0	2.4	599.71	0	0	0	0
2	0	599.71	1.2	0	0	0	2

Показать РСУ Эпюра напряжений

Выполнить подбор сечения Выполнить расчет для заданного сечения Вывести отчет в формате Word Выход



Нагрузки на балке. Загружение 1

Рисунок 3. 24

12. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке **Стандартные сечения**, рис. 3.25;

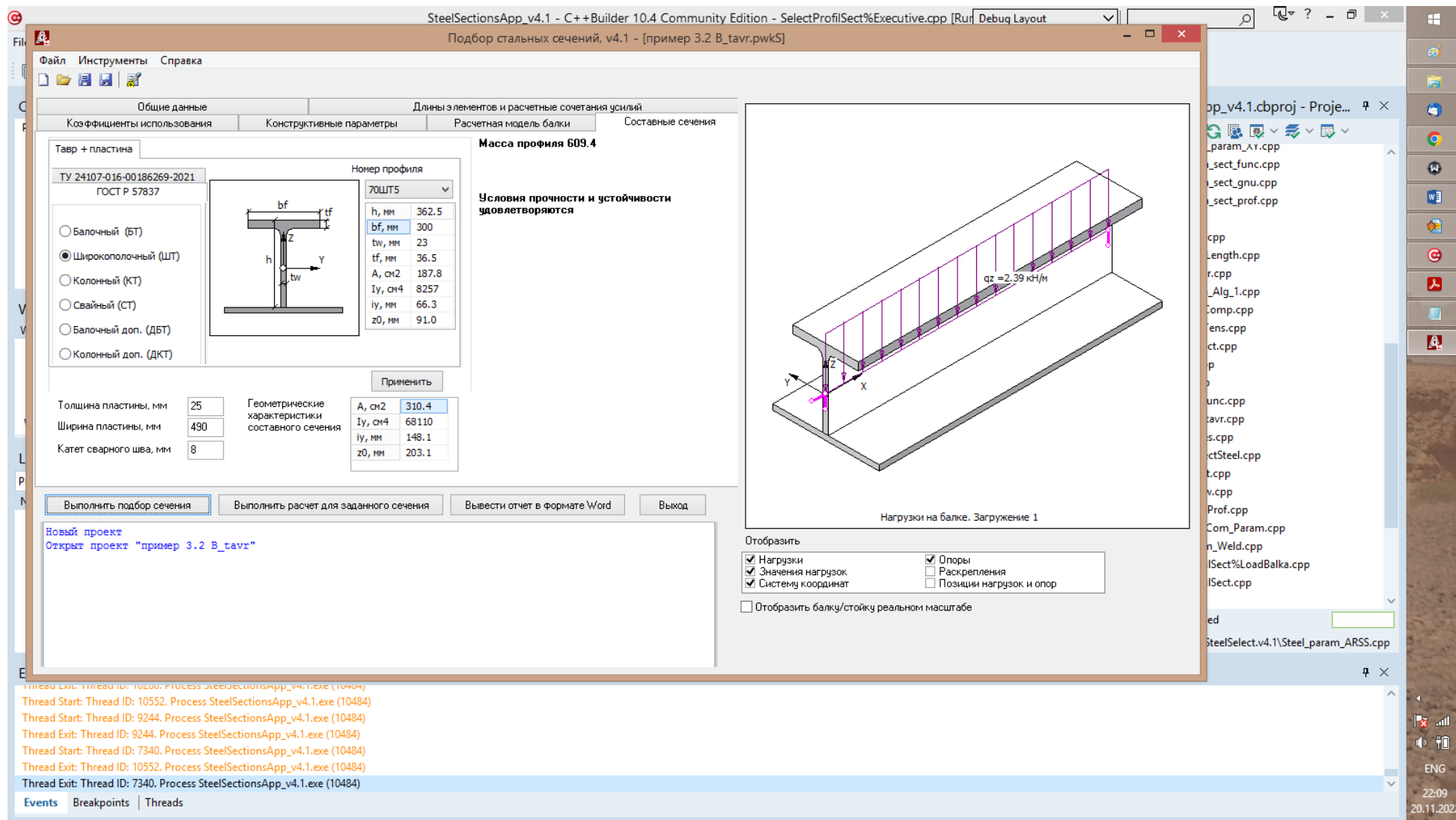


Рисунок 3. 25

1. Коэффициенты использования для колонны выводятся на одноименной вкладке, рис. 3.26.

Задача решена.

Подбор стальных сечений, v4.1 - [пример 3.2 B_tavr.pwkS]

Файл Инструменты Справка

Общие данные

Коэффициенты использования

Конструктивные параметры

Расчетная модель балки

Составные сечения

Изгибаемый Проверки сварных швов

1. Прочность по нормальным напряжениям, п. 9.1.1 ф. (105) с учетом п. 8.2.3, или ф. (106)	0.99
2. Прочность стенки при действии поперечной силы, п. 8.2.1, ф. (42)	0.22
3. Прочность поясов при действии поперечной силы в плоскости поясов, п. 8.2.1	0
4. Прочность стенки в опорном сечении от поперечной силы, п. 8.2.3, ф. 54	0.6
5. Прочность поясов в опорном сечении от поперечной силы в плоскости поясов, п. 8.2.3, ф. 55	0
6. Прочность стенки по эквивалентным напряжениям, п. 8.2.1 ф. (44)	0.55
7. Прочность поясов по эквивалентным напряжениям, п. 8.2.1 ф. (44)	0.68
8. Устойчивость по изгибно-крутильной форме, п. 8.4.1	0.78
9. Проверка условной гибкости стенки, п. 8.5.3	0.06
10. Проверка устойчивости стенки, п. 8.5.3, 8.5.6, 8.5.7	0.14
11. Проверка ребер жесткости п. 8.5.9	0.15
12. Местная устойчивость сжатого пояса, п. 8.5.18, 8.5.18.	0.22
13. Предельный прогиб, табл. Д.1 СП 20.13330	0.27
14. Поясные сварные швы	0.77

Выполнить подбор сечения

Выполнить расчет для заданного сечения

Вывести отчет в формате Word

Выход

Новый проект

Открыт проект "пример 3.2 B_tavr"

Нагрузки на балке. Загружение 1

Отобразить

☒ Нагрузки

☒ Значения нагрузок

☒ Систему координат

☒ Опоры

☐ Раскрепления

☐ Позиции нагрузок и опор

☐ Отобразить балку/стойку реальном масштабе

Рисунок 3. 26

4 Подбор сечений при получении РСУ из расчета стойки

4.3 Двухтавровые стойки

4.3.1 Пример 4.1

1. Требуется подобрать сечение стойки одноэтажного здания из широкополочного двутавра по ГОСТ Р 57837 при следующих условиях:
 - высота стойки 5,0 м,;
 - опорный узел имеет жесткое соединение с основанием,
 - крепление ригеля покрытия – шарнирное в двух направлениях.
 - нормативная нагрузка от ограждающих конструкций стены $s_{\text{стена}}=0.8 \text{ кН/м}^2$, действует с эксцентриситетом;
 - нормативная нагрузка от веса крыши $N_{\text{крыша}}=45 \text{ кН}$;
 - снеговая нормативная нагрузка $N_{\text{снег}}=130 \text{ кН}$;
 - удельная нормативная ветровая нагрузка $s_{\text{ветер}}=0.4 \text{ кН/м}^2$;
 - грузовая ширина $b_a=6 \text{ м}$;
 - материал – сталь металлических конструкций здания – С255 по ГОСТ 27772

Решение

2. На вкладке **Общие данные** главного окна:
 - выбрать опцию **Двутавры прокатные**,
 - на вкладке **ГОСТ ГОСТ Р 57837** выбрать из списка тип двутавра **Балочный широкополочный (Ш)**,
 - на панели **Материал** нажатием кнопки **Выбрать/Изменить материал** выбрать сталь **C255** по ГОСТ 27772–2015;
 - в секции **Расчетные сочетания усилий** выбрать опцию **Из расчета стойки**, рис. 4.1

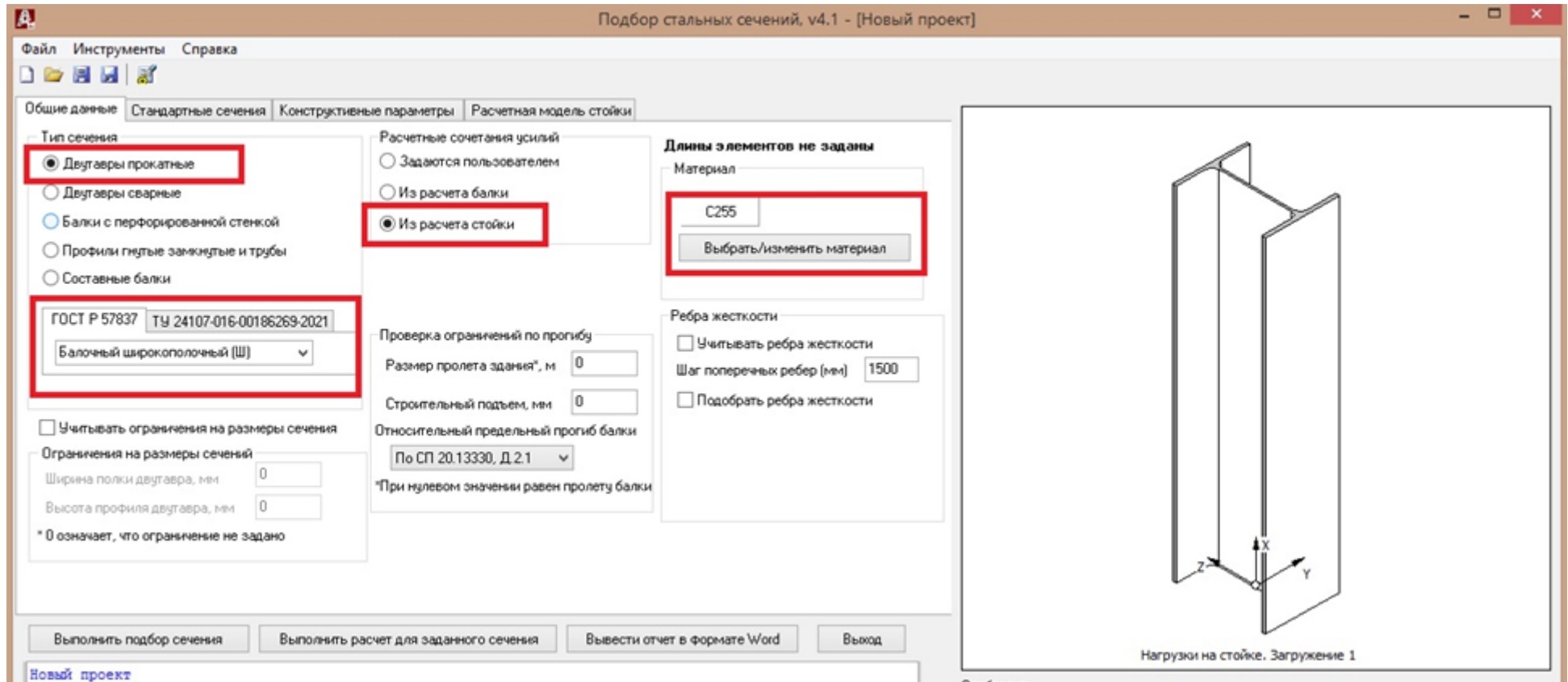


Рисунок 4. 1

3. Перейти на вкладку **Расчетная модель стойки**, в поле **Длина стойки, м** задать 5.0, нажать кнопку **Принять**. При этом создается загрузка **Собственный вес**, рис. 4.2;

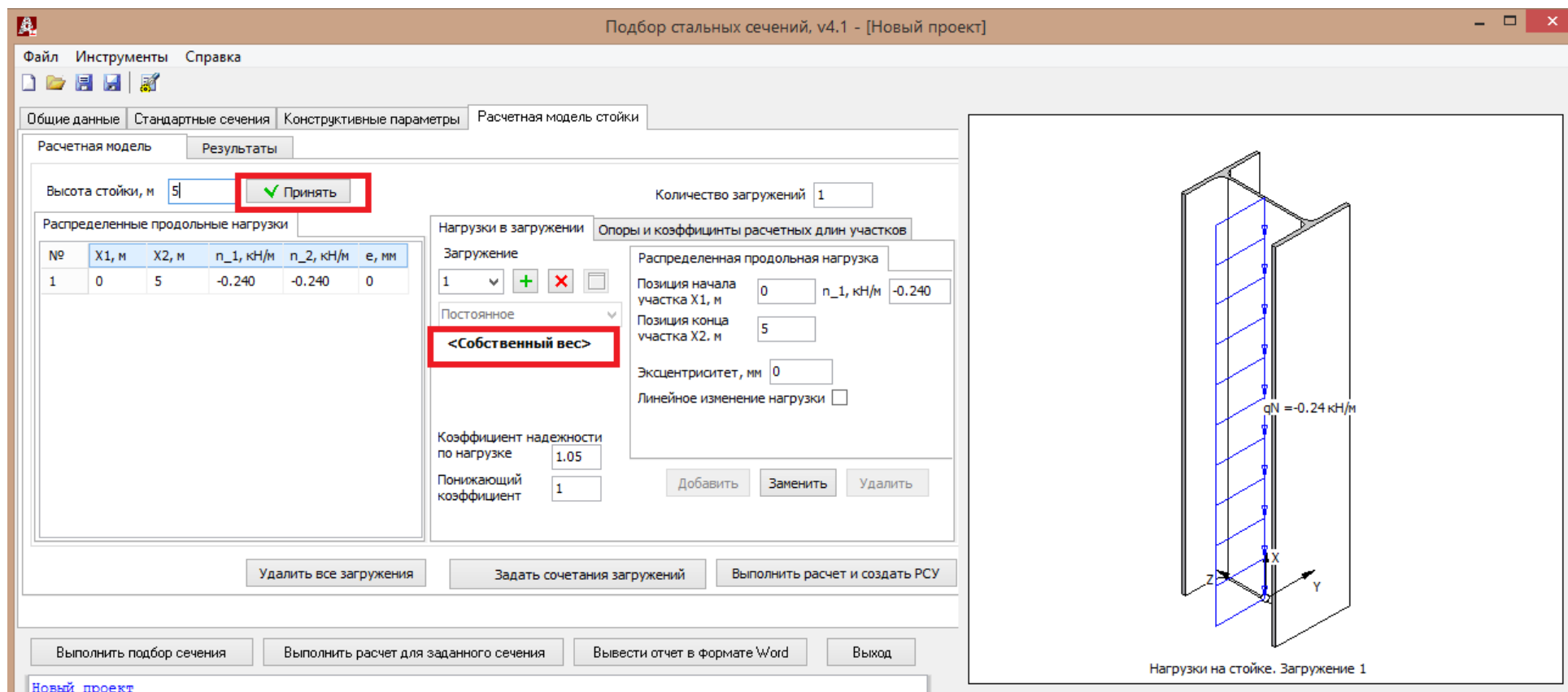



Рисунок 4. 2

4. . На вкладке **Нагрузки в загрузении** нажать кнопку  . В окне **Добавить загрузение** нажать кнопку **Выполнить**, рис. 4.3;

Добавить загрузку

Постоянное

☐ Собственный вес

Коэффициент надежности
по нагрузке 1.1

Понижающий
коэффициент 1

Выполнить

Отменить

Рисунок 4. 3

5. На вкладке **Распределенная продольная нагрузка** задать позицию конца участка (5 м), значение постоянной погонной нагрузки от ограждения стен ($q_1 = s_{\text{стена}} \cdot b_a = -0.8 \cdot 6$), **Эксцентриситет** 100 мм, нажать кнопку **Добавить**, рис. 4.4;

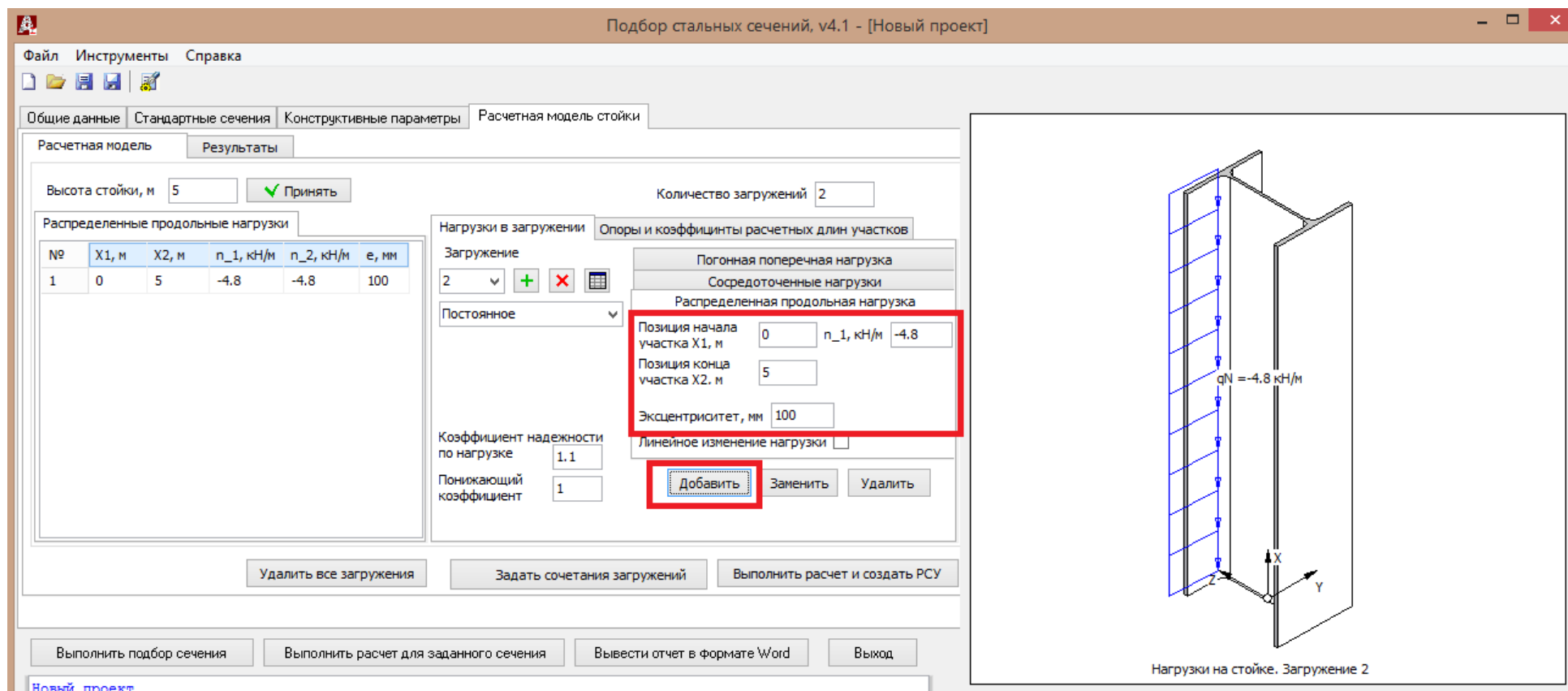


Рисунок 4. 4

6. На вкладке **Сосредоточенные нагрузки** задать позицию конца участка (5 м), значение постоянной нагрузки от веса крыши (Нкрыши=-45 кН), нажать кнопку **Добавить**, рис. 4.5;

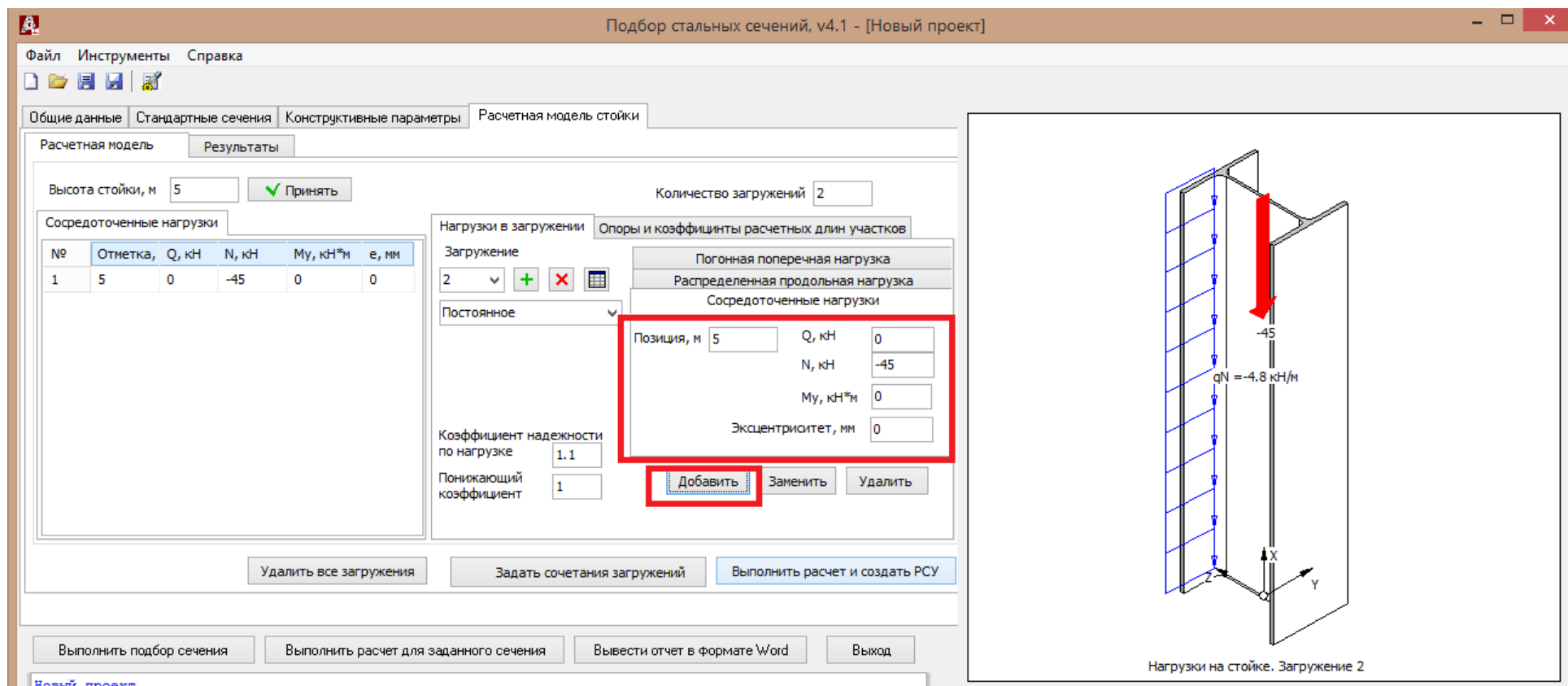

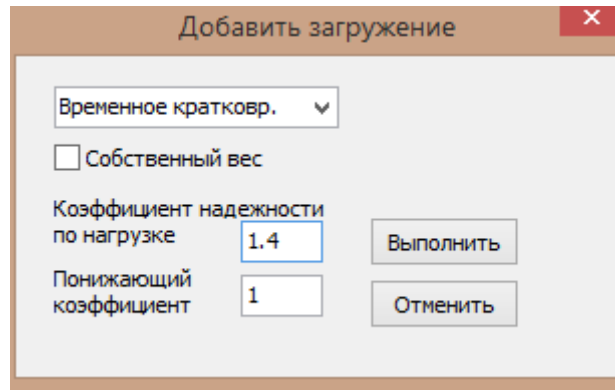


Рисунок 4. 5

7. . На вкладке **Нагрузки в загрузении** нажать кнопку  . В окне **Добавить загрузение** выбрать **Временное кратковр.**, установить **Коэффициент надежности по нагрузке 1.4**, нажать кнопку **Выполнить**, рис. 4.6;



Добавить загрузение

Временное кратковр. ▾

☐ Собственный вес

Коэффициент надежности по нагрузке 1.4

Понижающий коэффициент 1

Выполнить

Отменить

Рисунок 4. 6

8. На вкладке **Погонная поперечная нагрузка** задать позицию конца участка (5 м) и значение погонной ветровой нагрузки ($q_1=s_{\text{ветер}}*b_a=-0.4*3$), нажать кнопку **Добавить**, рис. 4.7

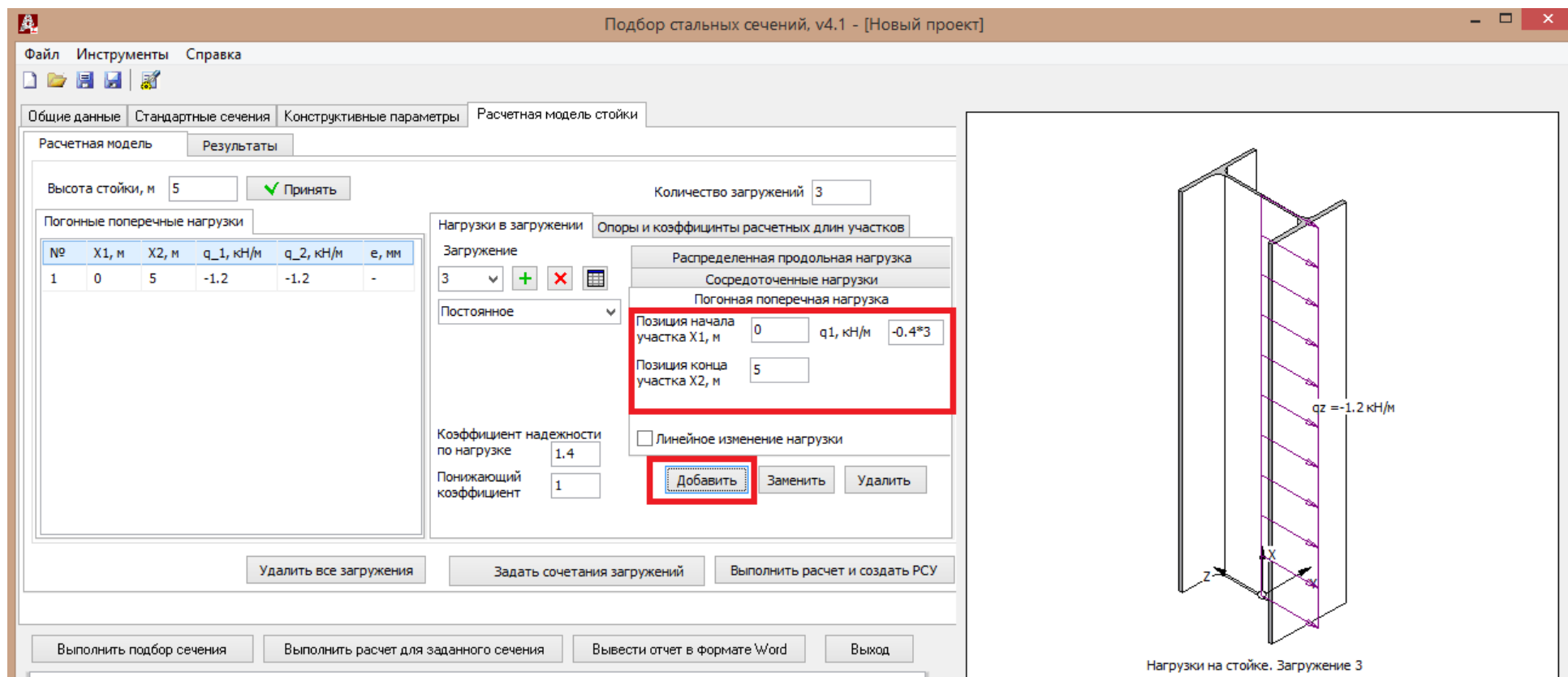



Рисунок 4. 7

9. . На вкладке **Нагрузки в загрузении** нажать кнопку  . В окне **Добавить загрузение** выбрать **Временное кратковр.**, установить **Коэффициент надежности по нагрузке 1.4**, нажать кнопку **Выполнить**;
10. На вкладке **Сосредоточенные нагрузки** задать позицию (5 м) и значение снеговой нагрузки ($N=-130$ кН), нажать кнопку **Добавить**, рис. 4.8;

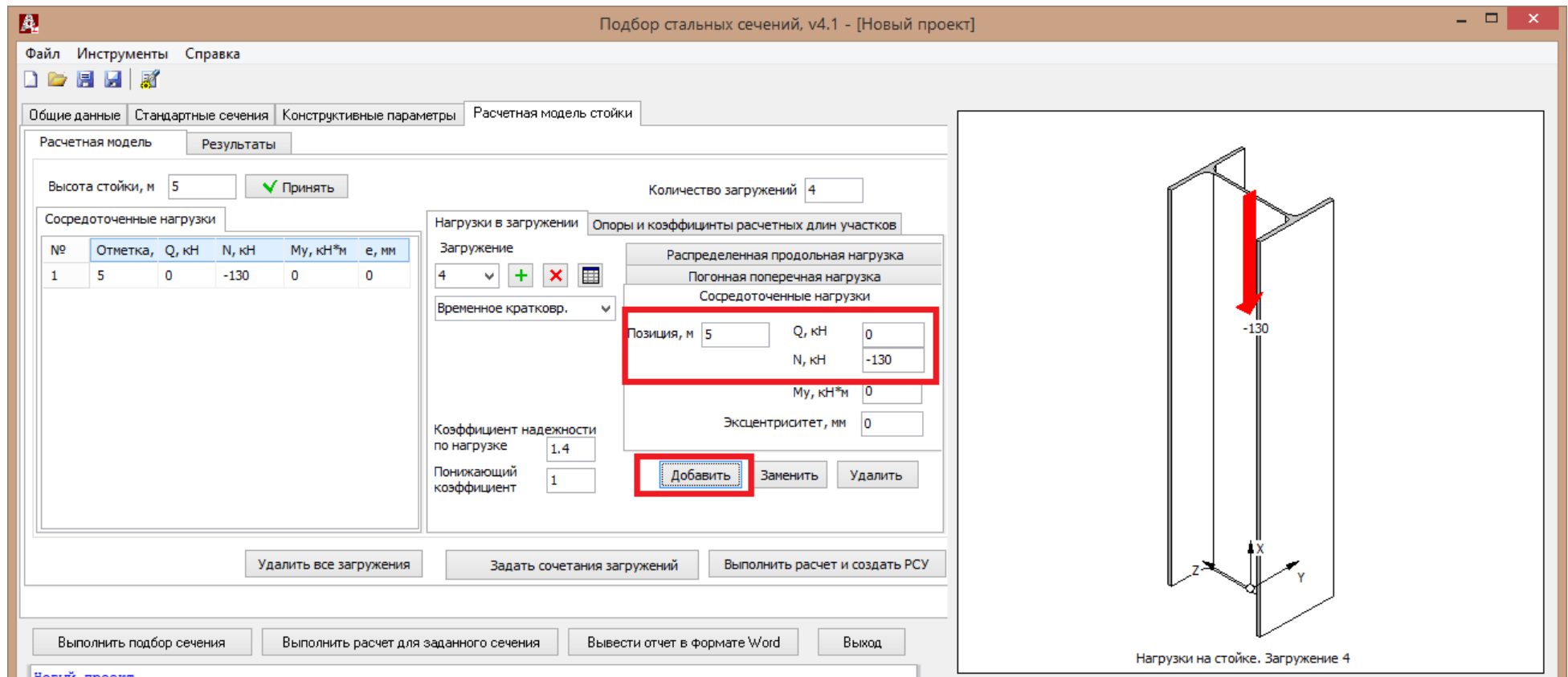


Рисунок 4. 8

11. Нажать кнопку **Задать сочетания загрузжений**, сформировать таблицу коэффициентов, рис. 4.9, нажать кнопку **Принять изменения**, рис. 4.10.

Сочетания загрузжений

Загрузки->

№ комб.	1 C	2 C	3 S	4 S
1	1	1	1	0.9
2	1	1	0.9	1
3	1	1	1	0

Загрузки: L - длительное
C - постоянное

S - кратковременное

+ Добавить строку

✗ Удалить строку

Вставить из буфера

Принять изменения

Выйти без изменений

Рисунок 4. 9

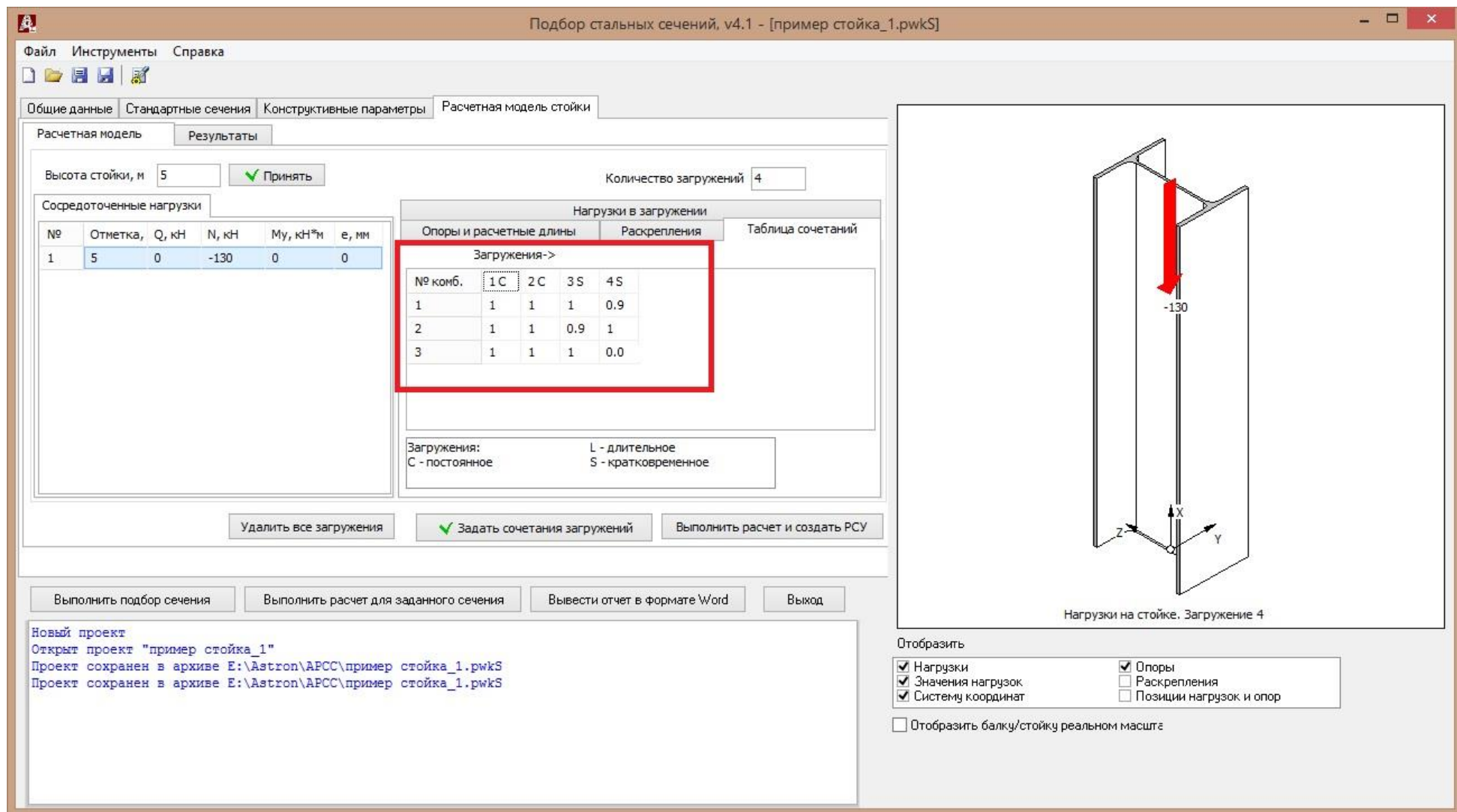


Рисунок 4. 10

12. Перейти на вкладку **Опоры и коэффициенты расчетных длин участков**, и в секции **Схема опирания стойки вверх и вниз** на

вкладках В плоскости XZ и В плоскости XY выбрать схему ,

13. Нажать кнопку **Принять**, рис. 4.11;

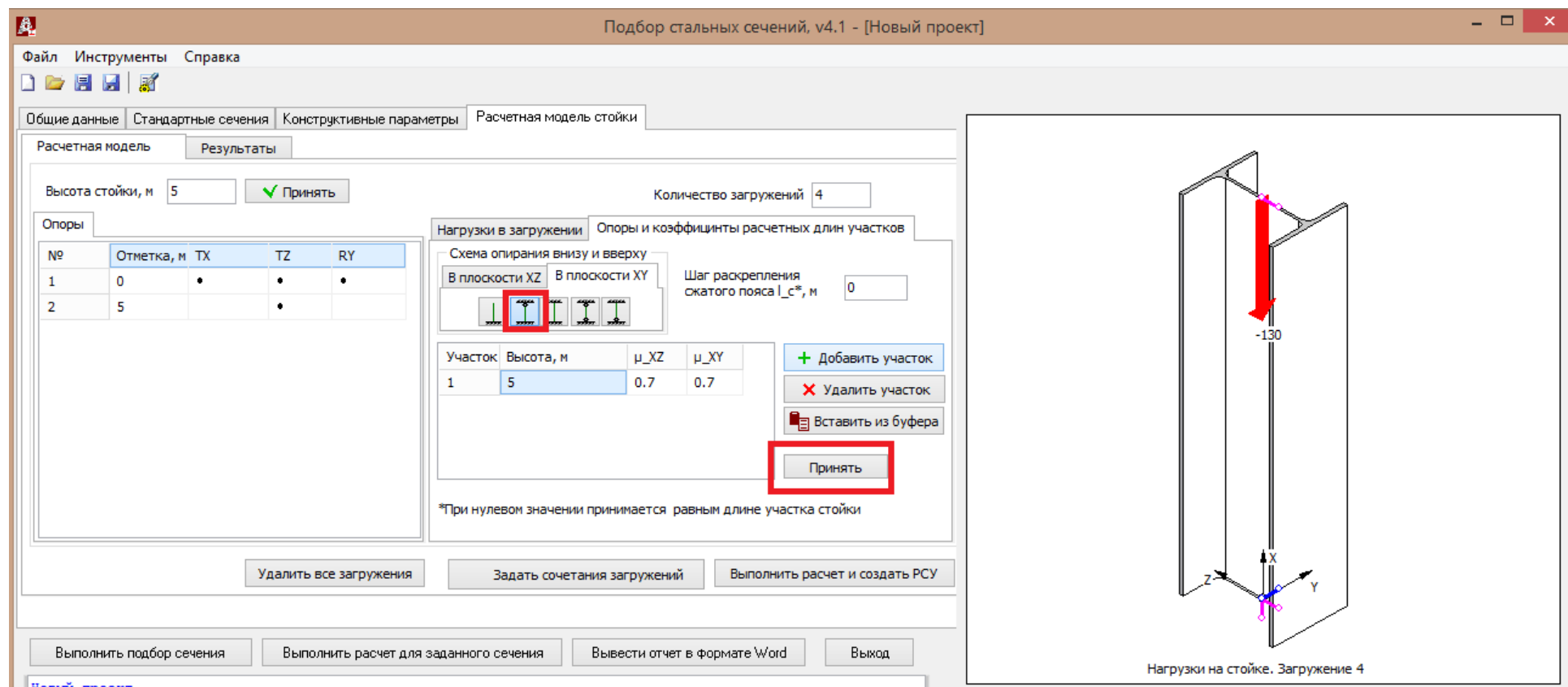


Рисунок 4. 11

14. Нажать кнопку **Выполнить расчет и создать РСУ**.

15. Полученные РСУ можно посмотреть на вкладке **Длины элементов и расчетные сочетания усилий**, рис. 4.12.

Подбор стальных сечений, v4.1 - [пример стойка.pwk5]

Файл Инструменты Справка

Стандартные сечения Конструктивные параметры Расчетная модель стойки

Общие данные Длины элементов и расчетные сочетания усилий

Длины и расчетные длины элементов, м

Элемент	Длина L, м	lef_XZ, м	lef_XY, м	Lc*, м
1	5	3.5	3.5	3.5

Длины и расчетные длины принимаются по условиям, заданным в модели стойки

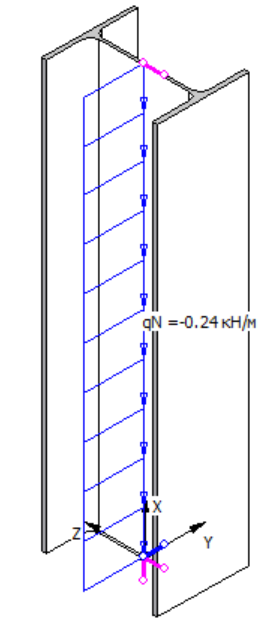
*Lc - шаг раскрепления сжатого пояса
При нулевом значении принимается Lc = lef_XY

Расчетные сочетания усилий на элементе 1

Nº	N, кН	My, кН*м	Qz, кН	Mz, кН*м	Qy, кН	qz, кН/м	X сеч., м
1	-240.9	5.22	5.78	0	0	0	0.01
2	-240.93	5.25	-5.77	0	0	0	0
3	-223.81	-2.96	-0.59	0	0	0	3.1

Показать РСУ Эпюра напряжений

Выполнить подбор сечения Выполнить расчет для заданного сечения Вывести отчет в формате Word Выход



Нагрузки на стойке. Загружение 1

Рисунок 4. 12

16. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке **Стандартные сечения**, рис. 4.13;

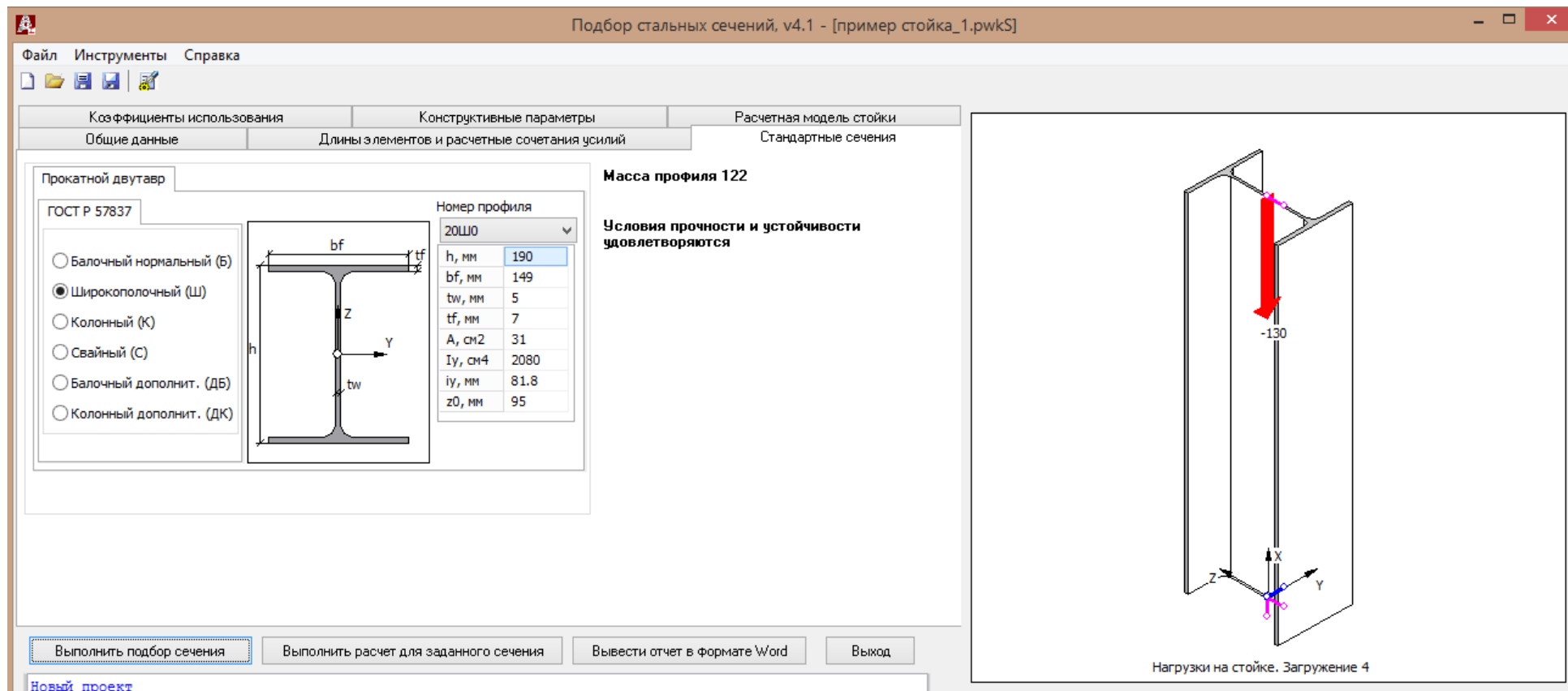


Рисунок 4. 13

17. Коэффициенты использования для колонны выводятся на одноименной вкладке, рис. 4.14.

18. Задача решена.

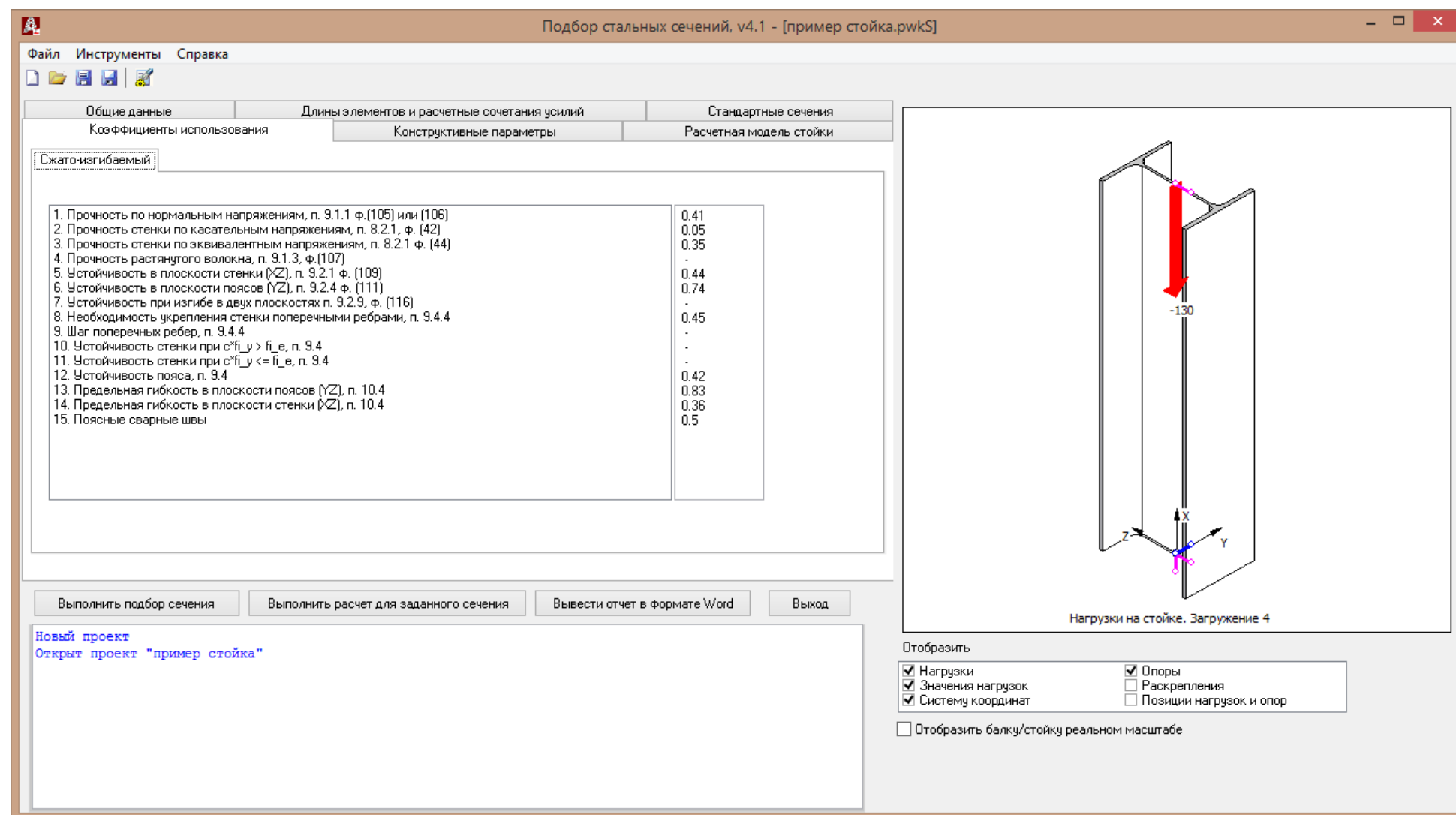


Рисунок 4. 14

5 Подбор сечения стропильной балки из перфорированного двутавра

5.3 Пример 5.1

Исходные данные:

- пролёт стропильной балки 18м;
- материал стропильной балки – С245Б по ГОСТ Р 57837-2017;
- расчетная погонная нагрузка от собственного веса вышележащих конструкций и снега – 39.7 кН/м;
- шаг раскрепления сжатого пояса – 3 м;
- степень развития профиля – 1.5;

Решение

4. На вкладке **Общие данные** главного окна:
- выбрать опцию **Балки с перфорированной стенкой**,
 - на вкладке **ГОСТ ГОСТ Р 57837** выбрать из списка тип двутавра **Балочный широкополочный (Ш)**,
 - на панели **Материал** нажатием кнопки **Выбрать/Изменить материал** выбрать сталь **C245B** по ГОСТ Р 57837–2017;
 - в секции **Расчетные сочетания усилий** выбрать опцию **Задаются пользователем**, рис. 5.1

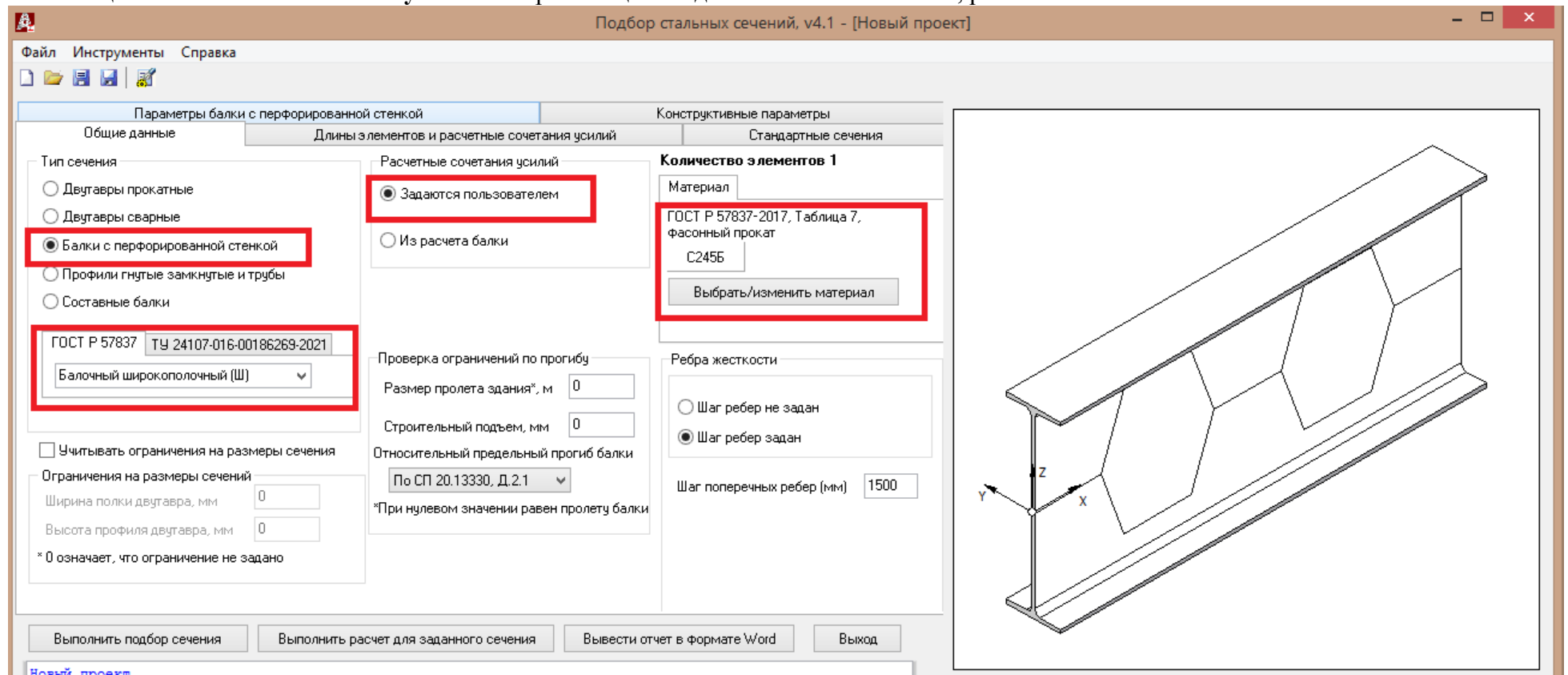


Рисунок 5. 1

5. На вкладке **Параметры балки с перфорированной стенкой**:

- выбрать **Степень развития профиля** равное 1.5,
- задать **Угол α , град** – 70, рис. 5.2.

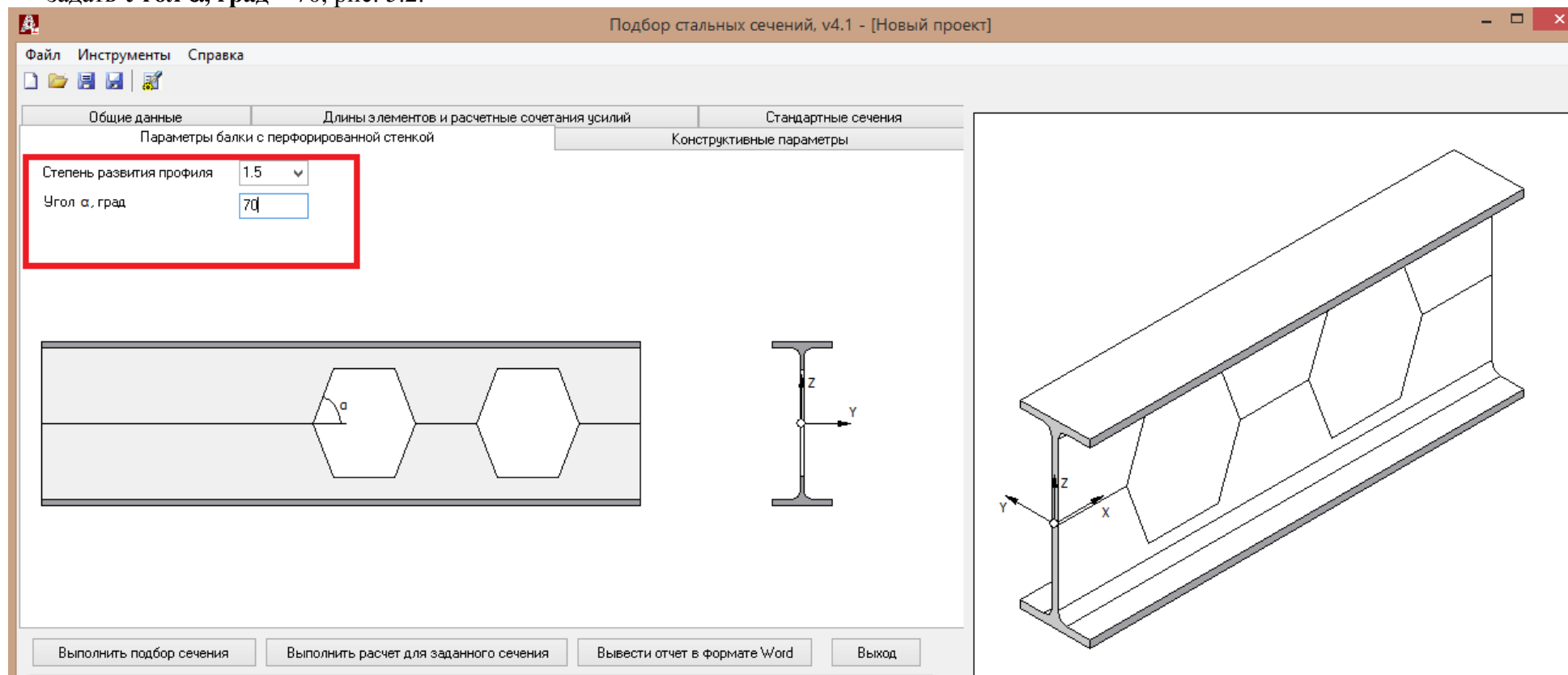


Рисунок 5. 2

6. Перейти на вкладку **Длины элементов и расчетные сочетания усилий**;
11. Нажать кнопку **Добавить элемент**.
- В поле **Длина L, м** задать 18;
 - На панели **Способ задания расчетной длины** выбрать **Расчетная длина** ;
 - Задать расчетную длину в пл. XZ - **len_XZ, м**, равную 18;
 - Задать расчетную длину в пл. XY - **len_XY, м**, равную 3;
 - Нажать кнопку **Завершить задание длин**;
12. Нажать кнопку **Добавить РСУ**
13. В поле **qz, кН/м** задать значение погонной нагрузки -39.7,
14. Нажать кнопку **Завершить задание РСУ на элементе**, рис. 5.3;

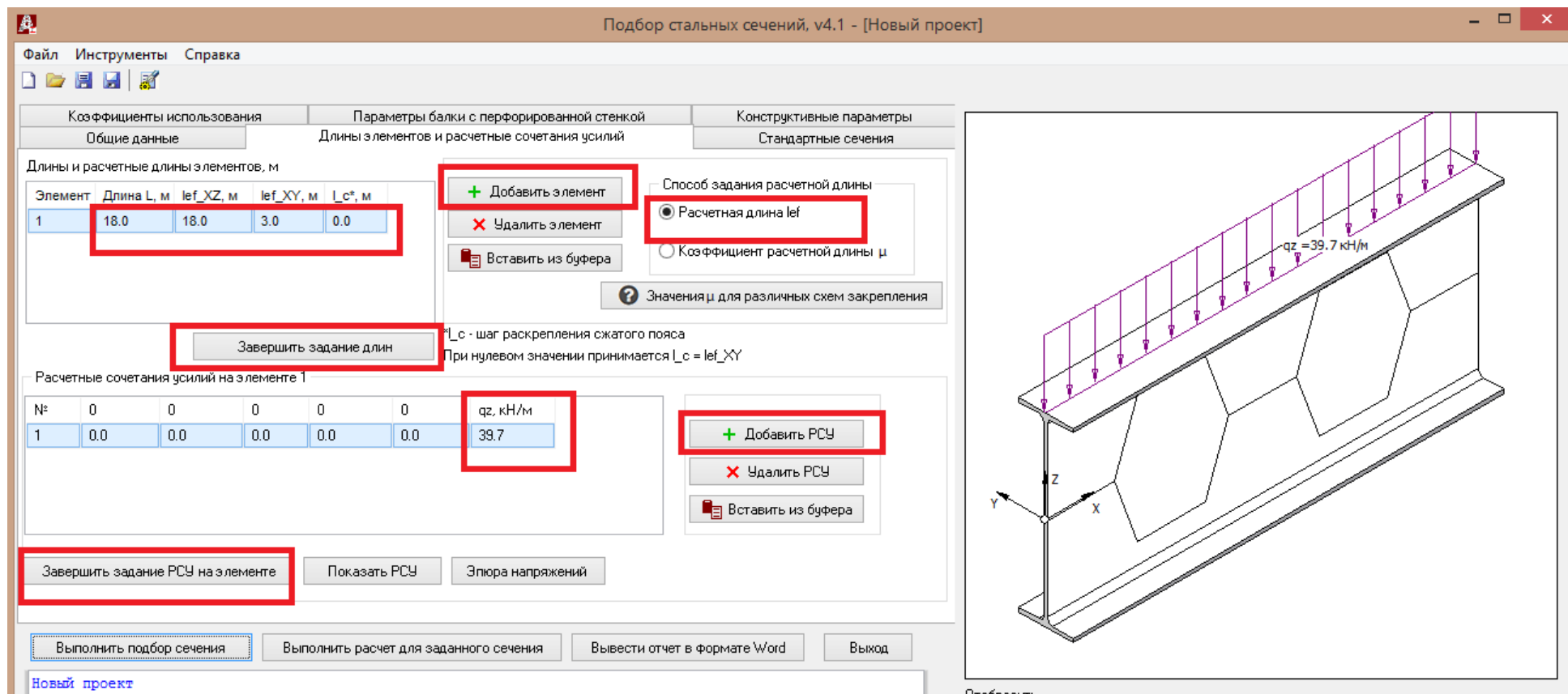


Рисунок 5. 3

15. Нажать кнопку **Показать РСУ**, включить флажок **В центре элемента**, рис. 5.4;
16. включить флажок **На краях элемента (на опорах)**, рис. 5.5;
17. Нажать кнопку **Заккрыть**.

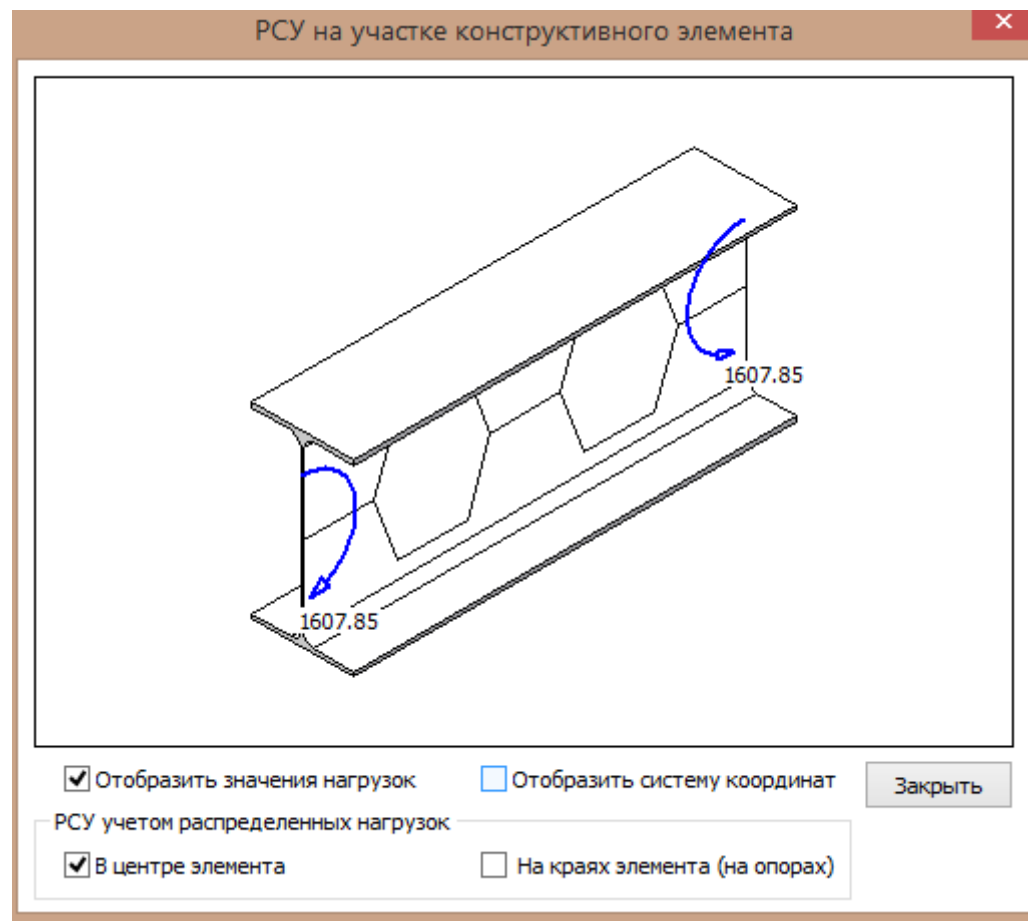


Рисунок 5. 4

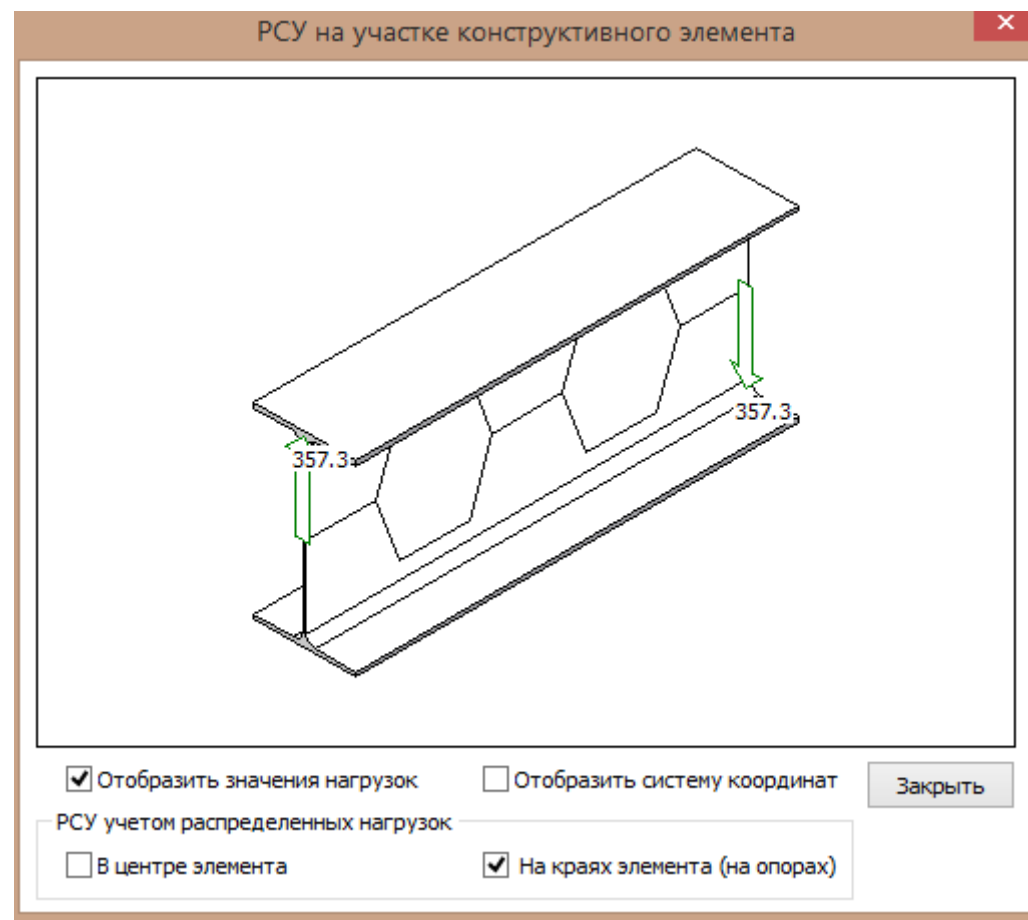


Рисунок 5. 5

12. Нажать на кнопку **Выполнить подбор сечения**. Результат подбора отображается на вкладке **Стандартные сечения**, рис. 5.6;

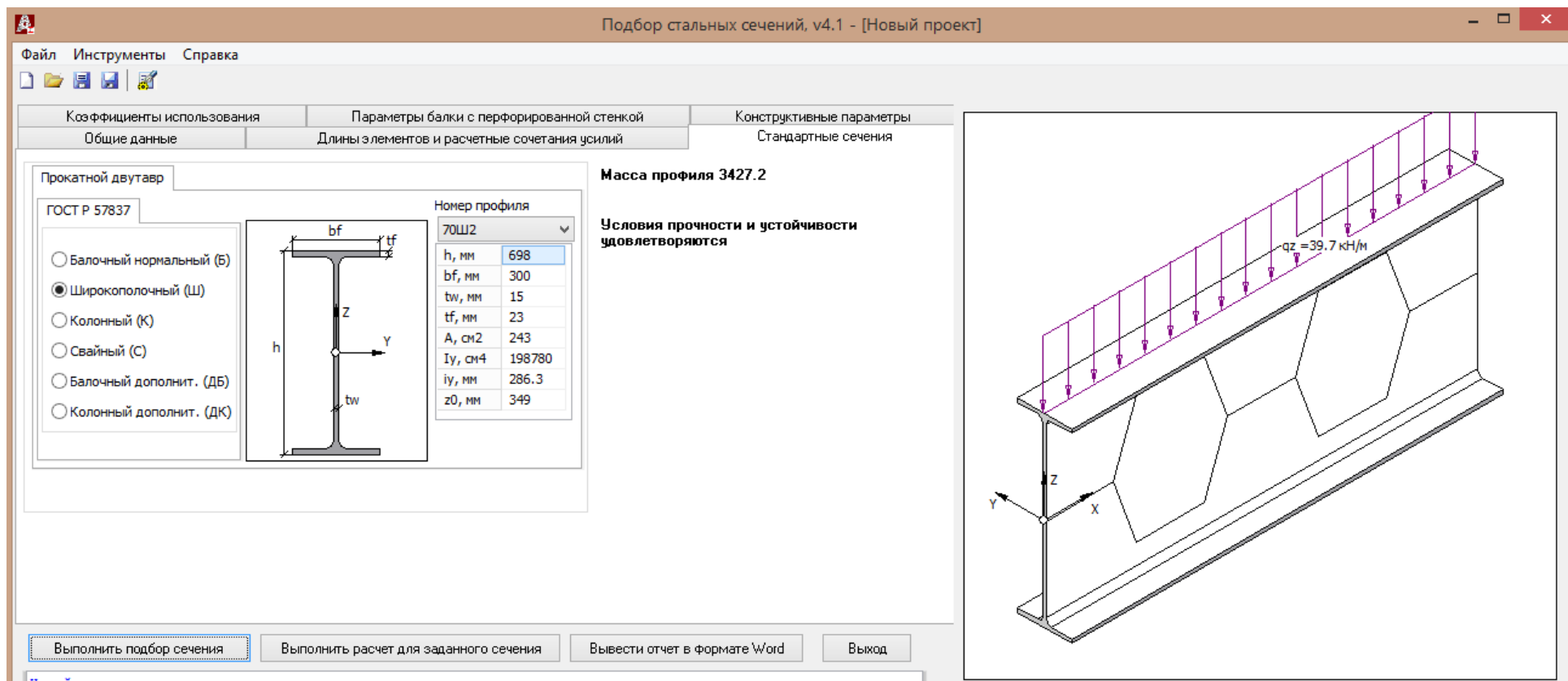


Рисунок 5. 6

13. Размеры двутавра с перфорированной стенкой отображаются на вкладке **Параметры балки с перфорированной стенкой**, рис. 5.7;

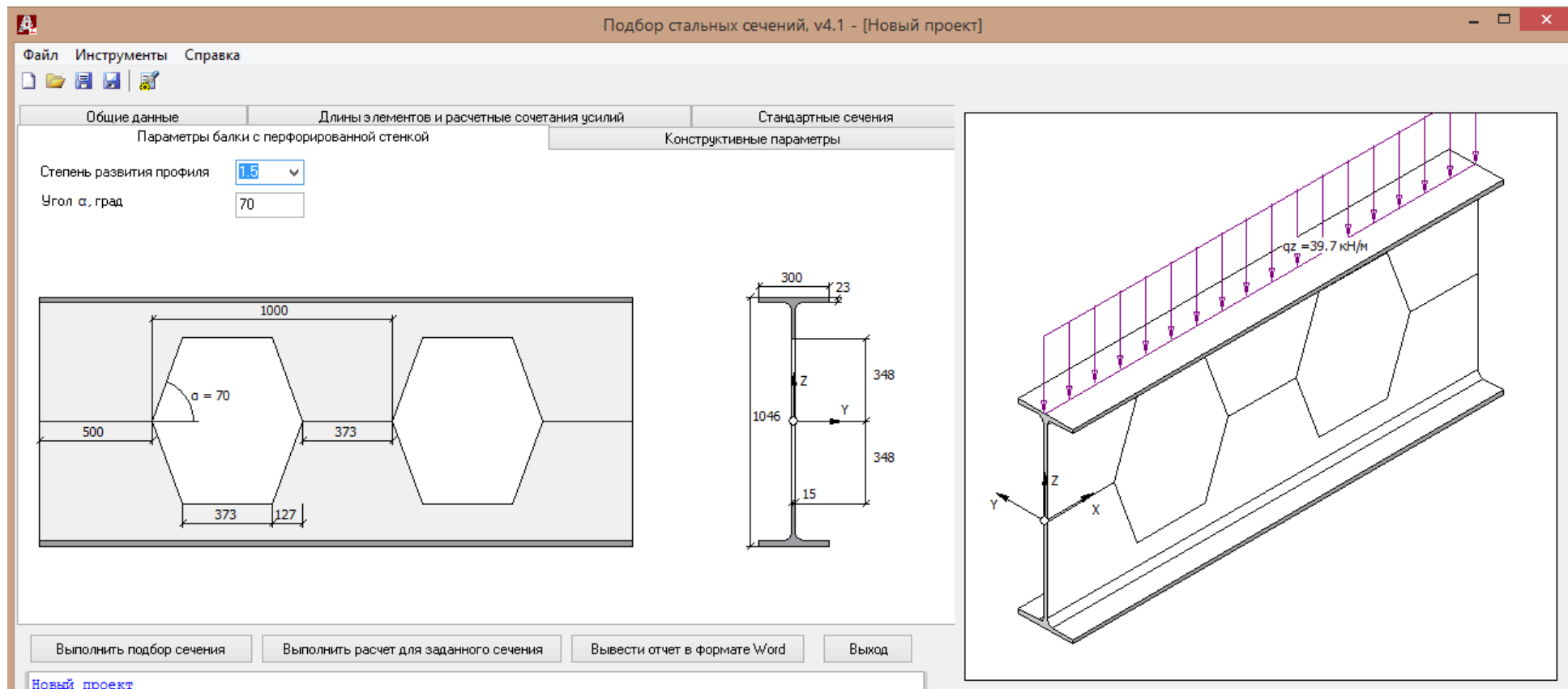


Рисунок 5. 7

15. Коэффициенты использования для балки выводятся на одноименной вкладке, рис. 5.8.

16. Задача решена.

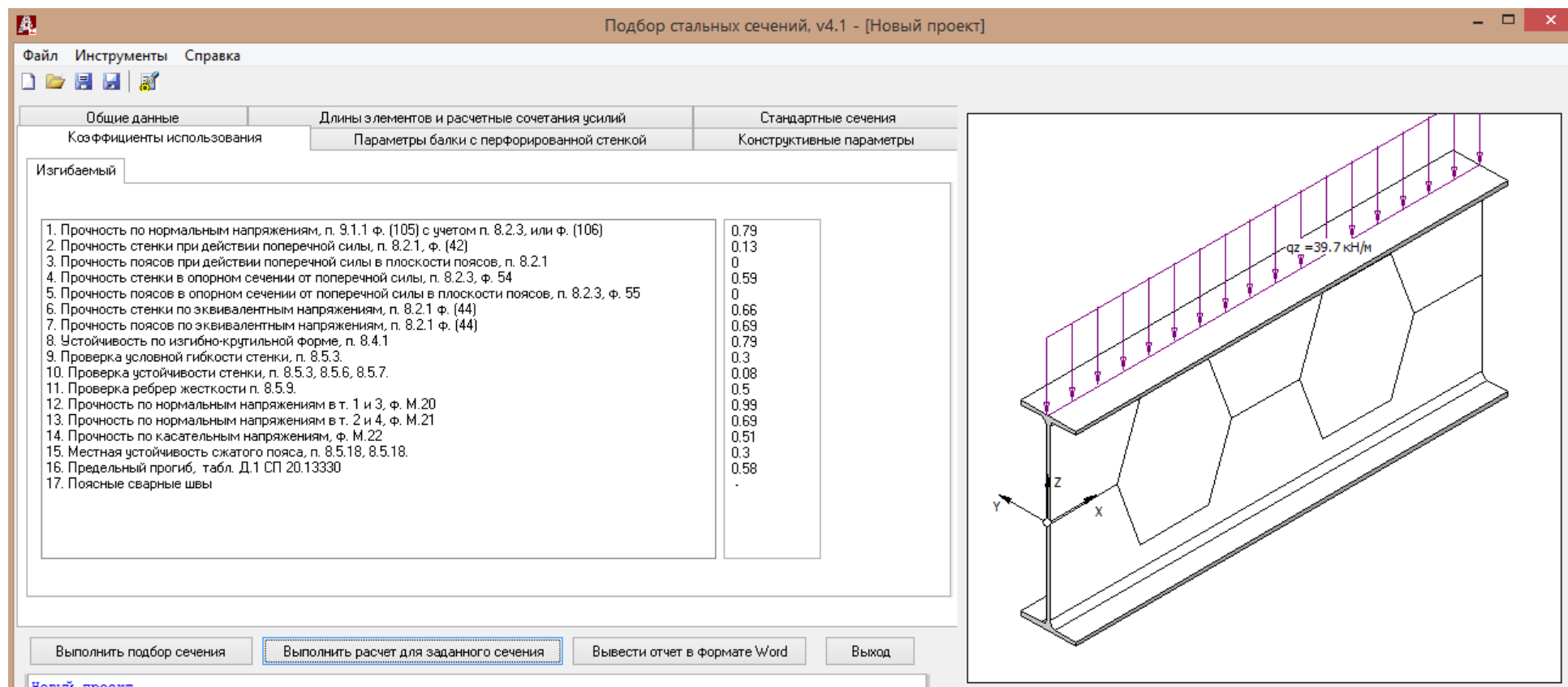


Рисунок 5. 8