

Расчёт железобетонного лестничного марша

Богаткин Максим Антонович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

В статье представлен пример расчёта железобетонного лестничного марша, выполненного в виде ребристой плиты. Проведен ручной расчёт, подобраны параметры бетона и арматуры, проведено сравнение с программным методом расчета с применением ПК ЛИРА САПР. В результате было проведено сравнение, программа показала достаточную точность и достоверность результатов.

Ключевые слова: Железобетон, ЛИРА САПР, железобетонные конструкции, компьютерные технологии.

Calculation of reinforced concrete stairway

Bogatkin Maxim Antonovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The article presents an example of the calculation of a reinforced concrete staircase made in the form of a ribbed slab. A manual calculation was carried out, the parameters of concrete and reinforcement were selected, and a comparison was made with the software calculation method using the LIRA CAD PC. As a result, a comparison was carried out, the program showed sufficient accuracy and reliability of the results.

Keywords: Reinforced concrete, LIRA CAD, reinforced concrete structures, computer technologies.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Железобетонные конструкции присутствуют практически в любом современном здании или сооружении. Лестничные марши не стали исключением и в той или иной форме присутствуют там, где предусмотрено пребывание или перемещение людей, как простой способ перемещения по этажам конструкции. Из-за прямой связи с безопасностью людей лестничный марш должен удовлетворять прочностным требованиям и служить как прочная, надежная конструкция. В связи с этим возникает необходимость выбора материалов отвечающих таким требованиям. Характеристики бетона и арматуры прямо влияют на прочность и надежность этой строительной

конструкции. А правильное их применение обеспечит не только безопасность человека, но благоприятно скажется на экономической эффективности процесса строительства.

1.2 Обзор исследований

И.А. Хрущ рассматривает расчет параметров лестничного марша с учетом высоты и ширины ступени. При выборе угла наклона лестничного марша ориентируются на строительные нормативы. Выбор наклона лестничного пролета во многом определяет удобство подъема и безопасность использования, и является актуальной задачей строительной практики, пишет автор[1]. В статье Д.П. Трофимова оценивается вклад ступеней на изгибную жесткость железобетонных лестничных маршей. Целью исследования является определение влияния ступеней на изгибную жесткость железобетонных маршей, и целесообразность их учета в расчетах[2]. Исследование связано с разработкой конструкции и расчетной схемы усиленной лестничной клетки, способной выдерживать сейсмическое воздействия. В рассматриваемой работе усиление обеспечивается металлической стойкой расположенной в щелях между лестничными маршами и к ней притягиваются продольные стены клетки. Таким образом, повышается несущая способность конструкции и изменяется расчетная схема. [3].

1.3 Цель исследования

Исследование направлено на выполнение прочностного расчёта железобетонного лестничного марша в ПК ЛИРА САПР, и дальнейшее сравнение результатов с ручным вариантом расчета такой конструкции.

2. Методы исследования

Применены программные методы расчёта строительных конструкций, основой которых является приближенный метод конечных элементов.

3. Результат

Без лестничных маршей не обходится практически ни одно многоэтажное строение. Не смотря на свою простоту конструкции (ребристая плита) это важный элемент здания, от которого зависит не только комфорт, но и безопасность человека внутри здания.

Определим нагрузки на плиту лестничного марша. Полная нагрузка на плиту складывается из временной и постоянной нагрузок. Расчетная схема представляет собой шарнирно опертую балку.

Постоянная нагрузка как правило состоит из собственного веса плиты. Временная – перемещения людей и грузов внутри здания, определяется нормативными документами.

Полная нагрузка вычисляется по формуле:

$$q = (q_n \gamma_f + p_n \gamma_f) \cdot a,$$

где q_n – собственный вес железобетонного лестничного марша на 1 м²;
 p_n – временная нормативная нагрузка для лестниц жилого дома, кН/м²;
 γ_f – коэффициент надежности по нагрузке;

a – ширина марша, м;

Полная нагрузка будет равна:

$$q = (3.6 \cdot 1.2 + 3 \cdot 1.2) \cdot 1.35 = 10.69$$

Сечение плиты лестничного марша представлено на рисунке 3.

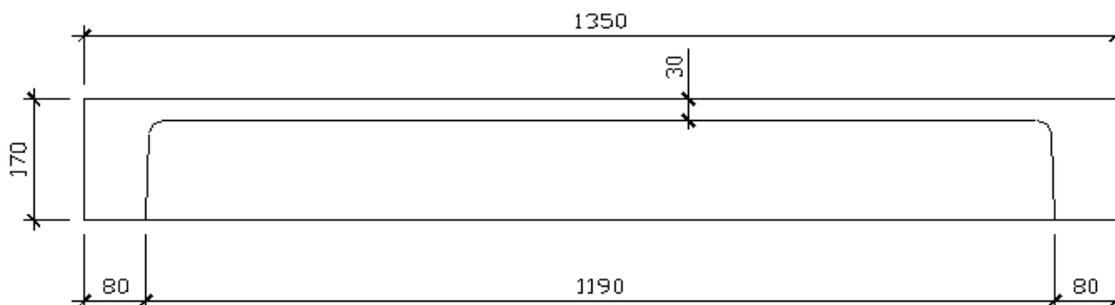


Рисунок 3 – Сечение лестничного марша

Расчетный изгибающий момент в середине пролёта марша определён по формуле:

$$M = \frac{ql^2 \cos \alpha}{8 \cos \alpha},$$

где l – длина лестничного марша;

$$M = \frac{10.69 \cdot 3^2 \cdot 0.876}{8} = 10.53 \text{ кНм.}$$

Применительно к типовым заводским формам назначена толщина плиты $h'_f = 30$ мм, высота ребер $h = 170$ мм, толщина ребер $b_r = 80$ мм. Бетон плиты В25, арматура А400.

Ширина сечения по низу b , составляет:

$$b = 2b_r;$$

$$b = 2 \cdot 80 = 160 \text{ мм.}$$

Далее определяем максимальную ширину полки при отсутствии поперечных ребер:

$$b'_f = 2(l/2);$$

$$b'_f = 2 \cdot \left(\frac{300}{6}\right) + 16 = 116 \text{ см;}$$

$$b'_f = 12h'_f + b;$$

$$b'_f = 12 \cdot 3 + 16 = 52 \text{ см.}$$

Согласно СП 20.13330.2016 – принимаем наименьшее значение, $b'_f = 52$ см. Расчетное сечение представлено на рисунке 4.

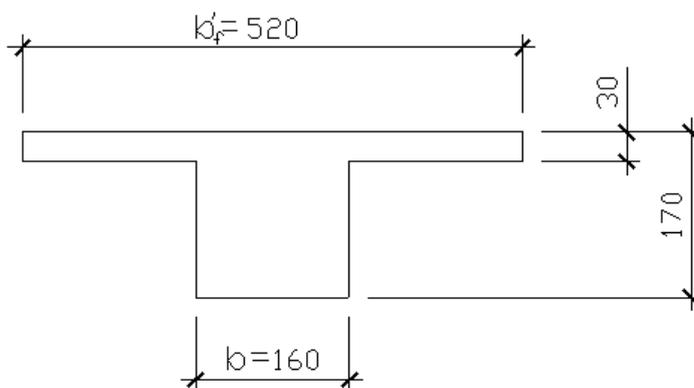


Рисунок 4 – Расчетное сечение плиты

Далее проводим проверку прохождения центральной оси в полке плиты:

$$M \leq R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b'_f \cdot (h_0 - 0.5h'_f),$$

где R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию;

γ_{b2} – коэффициент условий работы бетона;

b'_f – ширина полки плиты;

h'_f – рабочая высота сечения.

$$1053 < 1.45 \cdot 0.9 \cdot 52 \cdot 3 \cdot (14.5 - 0.5 \cdot 3) = 2646.$$

Условие выполнено, нейтральная ось проходит в полке. Далее необходимо определить требуемую площадь арматуры A_0 .

Требуемую площадь арматуры определяем по формуле:

$$A_0 = \frac{M\gamma_n}{R_b\gamma_{b2}b'_fh_0^2},$$

где γ_n – коэффициент надежности;

R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию;

γ_{b2} – коэффициент условий работы бетона;

$$A_0 = \frac{1053 \cdot 0.95}{1.45 \cdot 0.9 \cdot 52 \cdot 14.5^2} = 0.092.$$

Что согласно СП 468.1325800.2019 меньше минимального значения и принимает значение равное 1.

Площадь сечения арматуры в растянутой зоне сечения A_s , определена по формуле:

$$A_s = \frac{M\gamma_n}{\eta h_0 R_s},$$

где R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению для первого предельного состояния;

$$A_s = \frac{1053 \cdot 0.95}{0.953 \cdot 14.5 \cdot 28} = 2.68$$

Принимаем два стрежня диаметром 12мм. 2Ø12A400

Расчёт плиты в ПК ЛИРА САПР

Расчет выполним по принципу расчёта балки таврового сечения. Для этого следует создать расчетную схему.

Создаём шарнирно-опертую балку и поворачиваем её на угол наклона лестничного марша. Также дополнительно разобьем балку на 5 элементов, для повышения точности расчета. Расчетная схема представлена на рисунке 4.

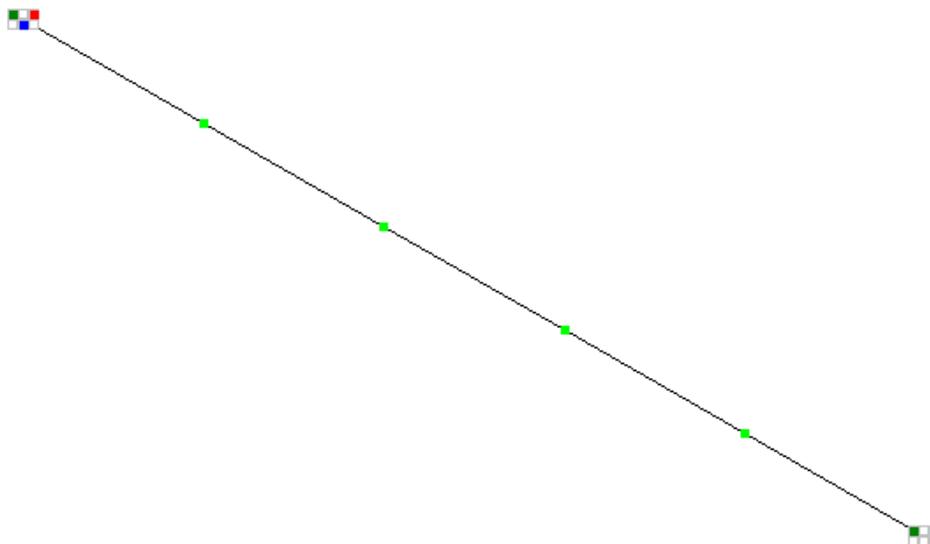


Рисунок 4 – Расчетная схема плиты

Далее создаем варианты загрузки и прикладываем постоянные и временные нагрузки на конструкцию. Варианты загрузки представлены на рисунке 5. Где Постоянная – собственный вес плиты, временна – нагрузка на лестничные машины принятая по СП 20.13330.2016

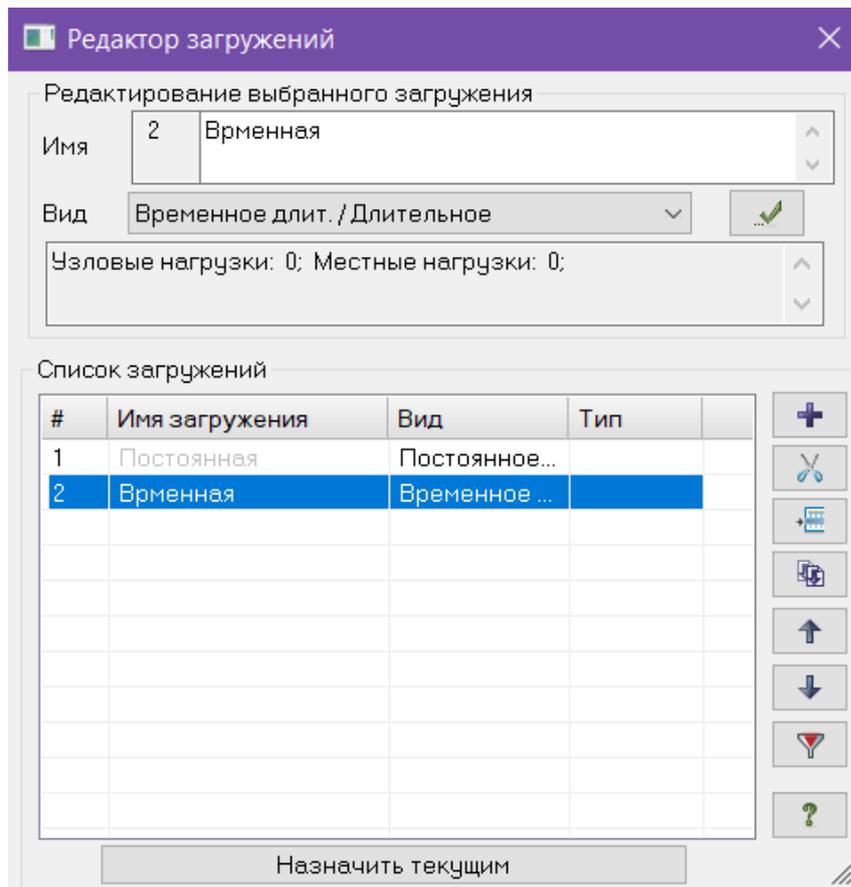


Рисунок 5 – Редактор загружений ПК ЛИАР САПР

Задание нагрузок для каждого варианта загружений представлено на рисунках 6-7.

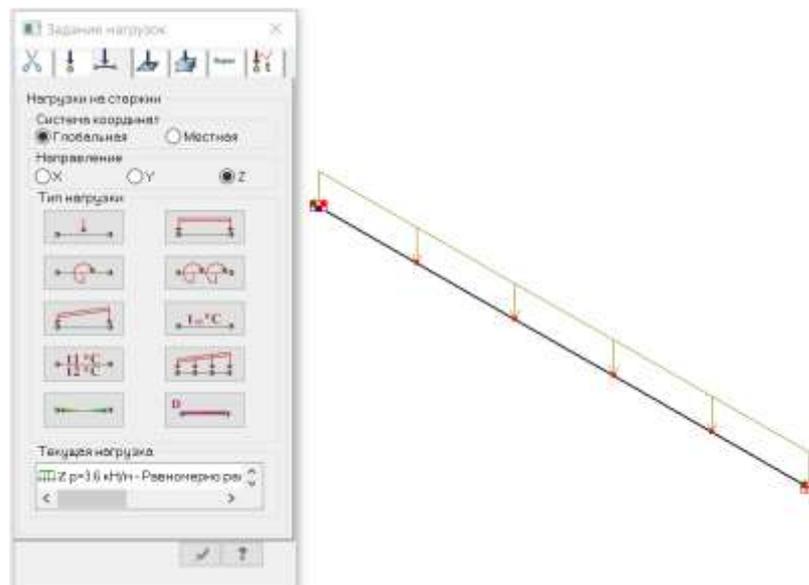


Рисунок 5 – Задание временной нагрузки

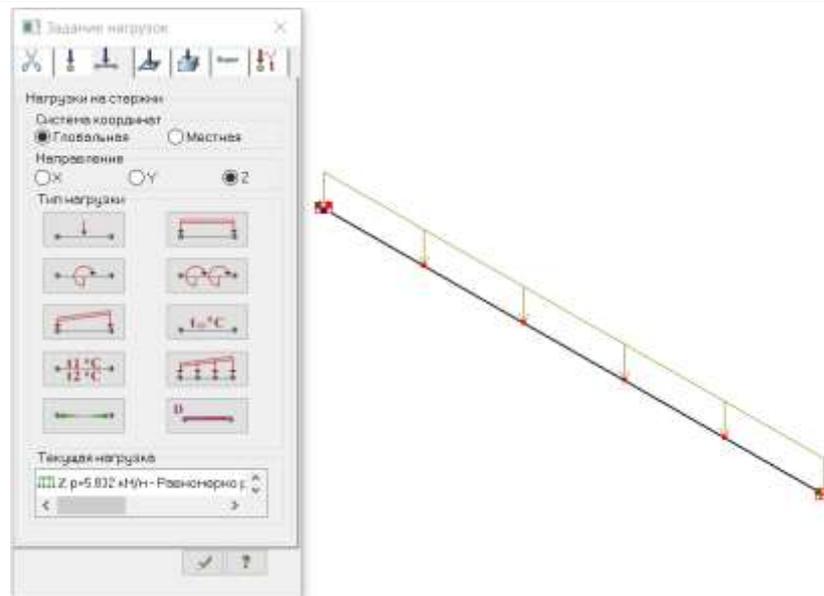


Рисунок 6 – Задание постоянной нагрузки

Далее задаём жесткости и геометрию сечения, для этого в параметрах жесткости используем упрощенное представление ребристой плиты – тавровое сечение (Рисунок 4). Параметры жесткости представлены на рисунке 7.

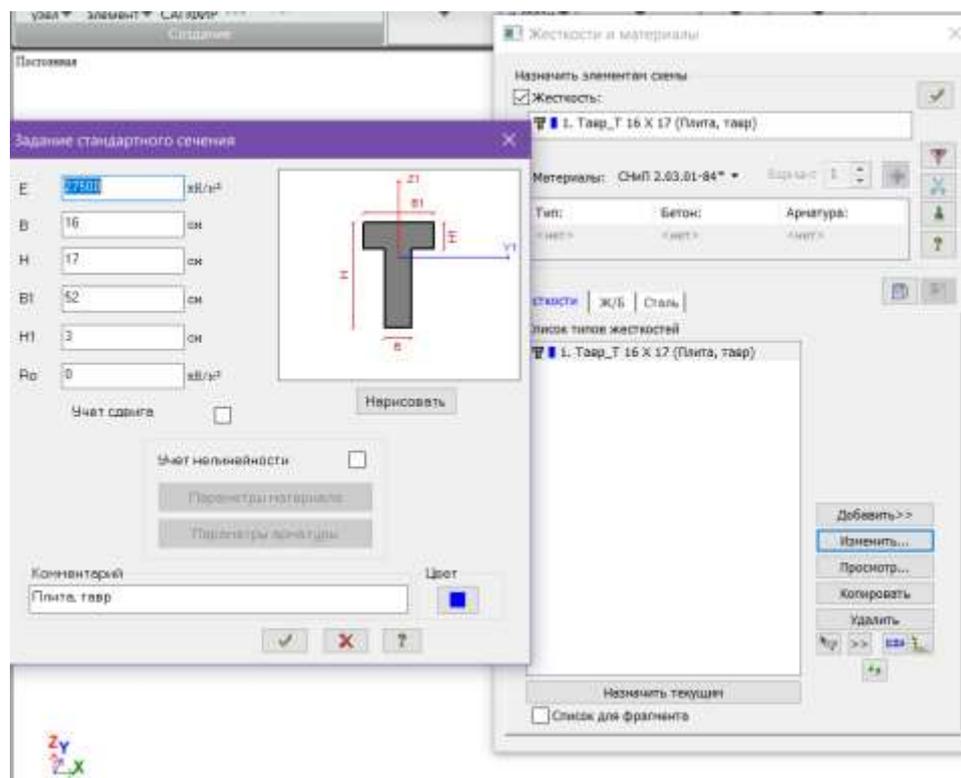


Рисунок 7 – Параметры жесткости балки

Далее определяем параметры бетона и арматуры, а так же выполняем расчёт. Параметры бетона, арматуры и типа элемента представлены на рисунке 8

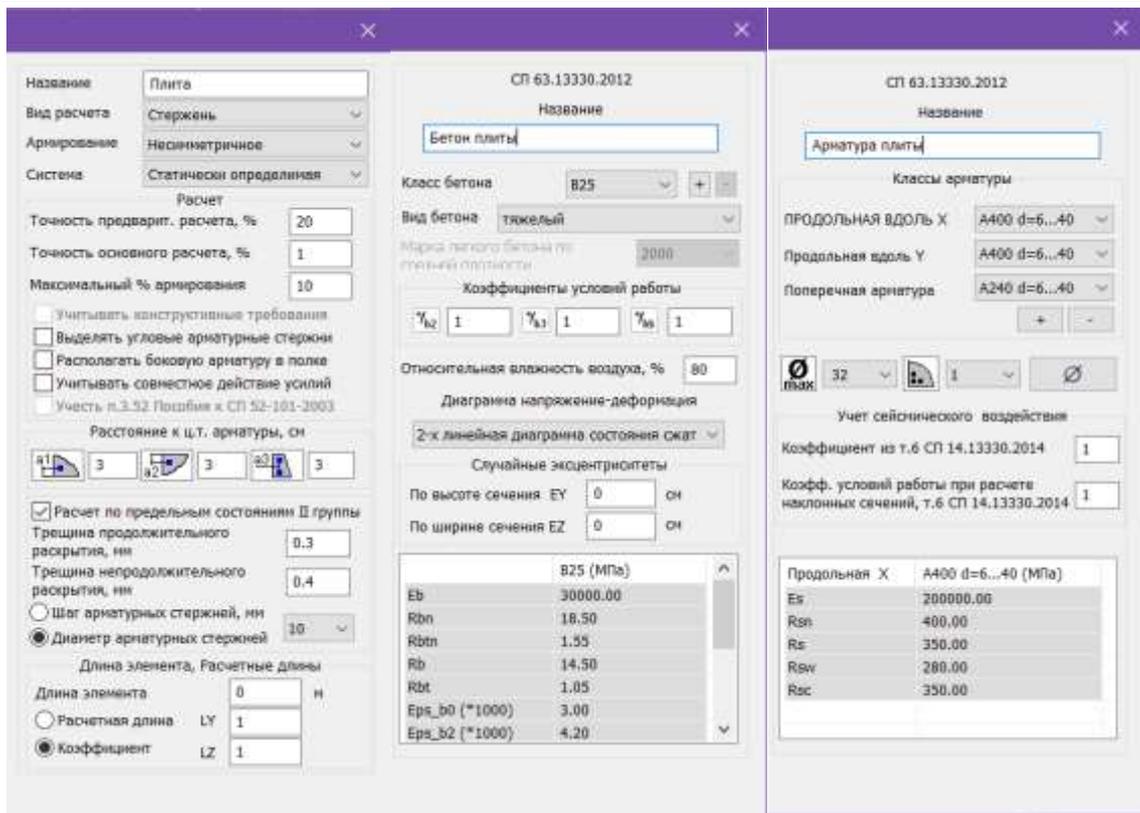


Рисунок 8 – Параметры бетона и арматуры

Анализ результатов показал максимальное значение момента на эюре совпадает со значением полученным ручным расчетом (Рисунок 10). И при детальном рассмотрении участка где находится максимальное значение момента видим незначительное отличие (9)



Рисунок 9 – Участок плиты, где присутствует максимальный изгибающий момент

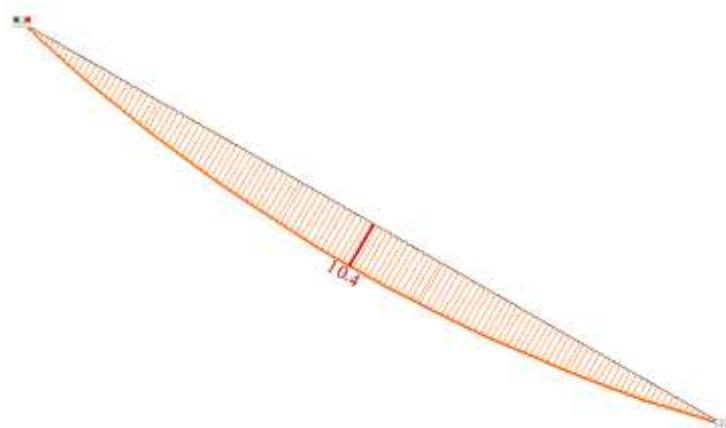


Рисунок 9 – Эпюра моментов

Подобранная программой арматура представлена на рисунке 10. Для арматуры растянутой зоны диаметр стрежней равен полученному при ручном расчете (Рисунок 10).

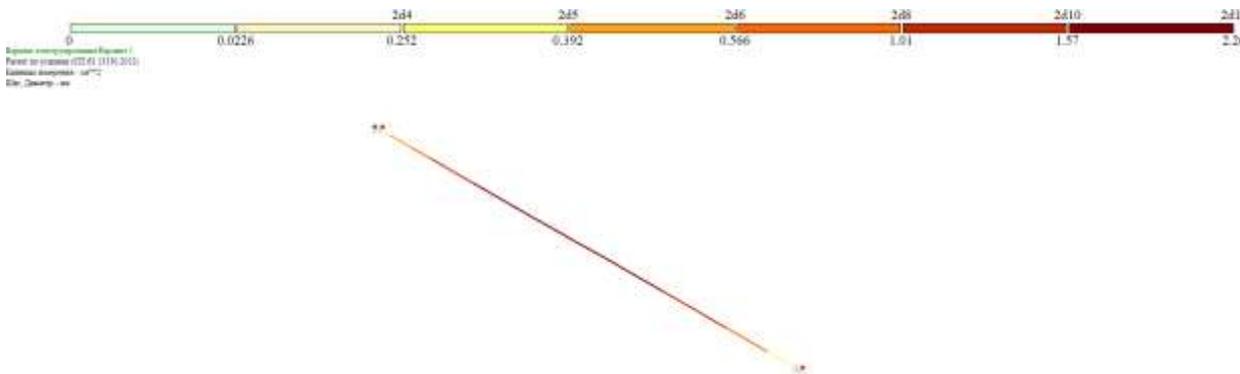


Рисунок 10 – Результаты подбора арматуры в ПК ЛИРА САПР

4. Выводы

Был проведен ручной и программный расчёт лестничного марша. Подобраны характеристики, стали, бетона и диаметр арматуры. В результате подобранные программой ПК ЛИРА САПР параметры материалов совпали с ручным методом расчёта. Программа показала себя как быстрый и удобный способ расчёта железобетонных конструкций, в том числе имеющих уклон относительно глобальной системы координат.

Библиографический список

1. Хрущ А. И. Расчет параметров лестничного марша в жилом здании // Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной-архитектурной отрасли. 2020. №. 11 С. 65-67.
2. Трофимов Д. П. Влияние ступеней на изгибную жесткость железобетонных лестничных маршей // Молодой учёный. 2022. №. 29. С. 28-32.
3. Байнатов Ж. Б., Турганбаев А. П. Конструкция и расчёт сейсмоусиления лестничной клетки // Вестник КазНТУ. 2014. №. 2(102). С. 297-302.
4. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. утв. Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр.
5. СП 631.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Утв. Приказом Минстроя России от 19.12.2018 N 832/пр.